

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**



TESIS DOCTORAL

**EMOCIONES Y GÉNERO**  
**EN EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES DE COMPRA.**  
**ESTUDIO REALIZADO CON RESONANCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR:

**INGRIT V. MOYA BURGOS**

DIRECTORA: DRA. MARÍA FRANCISCA BLASCO LÓPEZ

© Ingrit V. Moya Burgos, 2015



## **TESIS DOCTORAL**

# **EMOCIONES Y GÉNERO EN EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES DE COMPRA. ESTUDIO REALIZADO CON RESONANCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL**

**INGRIT V. MOYA BURGOS**

DIRECTORA: DRA. MARÍA FRANCISCA BLASCO LÓPEZ

MADRID, 2015



*Agradezco el levantarme, cuando caigo tambaleante,  
¡porque un camino sin tropiezos, no hace buenos caminantes!*

Proverbio Anónimo

## **AGRADECIMIENTOS**

Llegar a este punto no ha sido fácil y desde luego ha requerido la ayuda de muchas personas que directa o indirectamente hacen parte de este logro. No es posible nombrarlos a todos, así que quiero agradecer especialmente:

A Dios, en quien creo desde siempre y para siempre, por estar a mi lado e iluminar mi camino.

A Francis Blasco, que más que una directora de tesis ha sido una amiga y hasta una madre, en momentos. Gracias por creer en mí, por tu confianza sin límites y por hacer de mí una mejor profesional. Tus palabras de ánimo y tu optimismo inagotable han permitido que alcance este logro que es tan tuyo como mío.

A mis abuelos, a los que extraño con el alma, por haber hecho de mí quien soy y por sentirse orgullosos de cada uno de mis logros, por más pequeños que sean, aún en la distancia.

A mi madre, por su trabajo, sacrificio y empeño. Porque sin ella no hubiera llegado hasta aquí. Madre, simplemente gracias por ser como eres.

A mi gordita, por estar siempre tan pendiente de mí y ser mi calendario personal. Gracias por animarme, apoyarme y por heredarme esa vocación de emprendimiento que sigue dando frutos.

A la hermana que me dio la vida, por contagiarme esta pasión por entender el comportamiento humano. Por compartir juegos, meriendas y aventuras. Sin tus sesiones de coaching no hubiera llegado hasta aquí.

A mi familia, esas quince piezas de un engranaje perfecto siempre disponible para mí sin restricciones de tiempo ni espacio. Gracias por ser mis amigos, maestros y padres. Gracias por su apoyo y por estar siempre ahí, aún sin estarlo.

A Valeria Murgich, mi compañera de Doctorado y ahora amiga, por su apoyo durante estos cinco años. Gracias por los millones de minutos al teléfono, por las voces de ánimo y por las risas y penas compartidas.

A mi familia adoptiva, los Sánchez Valenzuela, por acogerme como su hija. Por hacer de mis preocupaciones las suyas y por hacer de mis triunfos los de toda la familia.

A Diego, mi compañero de aventuras por embarcarse conmigo en una más. No me alcanzan las palabras para agradecer tu comprensión y apoyo incondicional. Gracias por enseñarme a ver el mundo con otros ojos y demostrarme que los logros saben mejor cuando se comparten. Seguiremos soñando juntos, derrumbando miedos y alcanzando metas porque a tu lado todo parece posible. Esto va por ti!

## **ÍNDICE DE CONTENIDO**

<b>RESUMEN</b>	1
<b>ABSTRACT</b>	6

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

1.1	INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.2	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.3	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	15
1.4	CONTENIDO Y ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN	17

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

<b>2.1</b>	<b>FISIOLOGÍA Y ANATOMÍA DEL CEREBRO HUMANO</b>	21
2.1.1	Sistema Nervioso	21
2.1.2	Anatomía del Cerebro	26
2.1.3	Aproximación Filogenética a la Función Cerebral	36
2.1.4	Diferencias Anatómicas y Funcionales del Cerebro Humano, por Género	38
<b>2.2</b>	<b>TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN NEUROLÓGICA</b>	44
2.2.1	Técnicas de Neuroimagen	44
2.2.1.1	Técnicas Estructurales	46
2.2.1.1.1	Tomografía Computarizada - TC	46
2.2.1.1.2	Resonancia Magnética - MR	48
2.2.1.2	Técnicas Funcionales	50
2.2.1.2.1	Resonancia Magnética Funcional - RMF	50
2.2.1.2.2	Tomografía por Emisión de Positrones - PET	55
2.2.1.2.3	Tomografía por Emisión de Fotón Único - SPECT	56

2.2.2	Técnicas de Medición de la Actividad Eléctrica Cerebral	57
2.2.2.1	Electroencefalograma - EEG	57
2.2.2.2	Potenciales Evocados -ERP	58
2.2.2.3	Magnetoencefalograma- MEG	58
2.2.3	Técnicas de Estimulación Cerebral	59
<b>2.3</b>	<b>TOMA DE DECISIONES Y COMPORTAMIENTO DEL CONSUMIDOR. FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b>	61
2.3.1	Comportamiento del Consumidor. Teorías y Modelos	61
2.3.2	Toma de Decisiones. Fundamento Teórico	70
2.3.3	El Proceso de Toma de Decisiones	75
<b>2.4</b>	<b>EMOCIÓN Y COGNICIÓN EN LA TOMA DE DECISIONES</b>	85
2.4.1	Papel de las Emociones en la Toma de Decisiones	85
2.4.1.1	Hipótesis del Marcador Somático	87
2.4.1.2	Teoría del Sentimiento Anticipador	91
2.4.1.3	Teoría de las Emociones Inmediatas y las Emociones Esperadas	93
2.4.2	Mecanismos Neurológicos asociados al Reconocimiento, Procesamiento y Regulación de las Emociones	95
2.4.2.1	Neurociencia Afectiva. Estudio de las Bases Neurales de las Emociones	95
2.4.2.2	Emoción. Conceptos Básicos	105
2.4.2.2.1	¿Qué son las Emociones?	105
2.4.2.2.2	¿Cómo se generan las Emociones?	110
2.4.2.2.3	Emociones Conscientes Vs. Emociones Inconscientes	113
2.4.2.3	Bases Neurales del Procesamiento Emocional	118
2.4.2.4	Mecanismos Reguladores de las Emociones	125
2.4.2.5	Emoción, Memoria y Atención	131
2.4.3	Neurobiología de la Toma de Decisiones	135
2.4.4	Circuito de Recompensa. Sistemas de Aversión y Sesgos en el Proceso de Toma de Decisiones	144
2.4.5	Neuromarketing y Toma de Decisiones de Compra	149

<b>2.5</b>	<b>RESUMEN DE LA REVISIÓN TEÓRICA</b>	<b>154</b>
------------	---------------------------------------	------------

## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

<b>3.1</b>	<b>ENUNCIADO DE LA HIPÓTESIS</b>	<b>159</b>
<b>3.2</b>	<b>DISEÑO DEL EXPERIMENTO</b>	<b>162</b>
3.2.1	Prueba Pre-Experimental	164
3.2.1.1	Unidades Muestrales	164
3.2.1.2	Método	165
3.2.1.3	Procedimiento	167
3.2.1.4	Análisis de la Información Obtenida	167
3.2.2	Adquisición de Imágenes por Resonancia Magnética Funcional	172
3.2.2.1	Unidades Muestrales	172
3.2.2.2	Método	173
3.2.2.3	Procedimiento	179
3.2.2.4	Adquisición de Imágenes	182
3.2.2.5	Procesamiento y Análisis de las Imágenes	183

## **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

<b>4.1</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>188</b>
4.1.1	Análisis de Imágenes	188
4.1.1.1	Tarea de Compra de Productos Hedónicos	188
4.1.1.2	Tarea de Compra de Productos Funcionales	219
4.1.2	Análisis de Resultados Estadísticos	246
4.1.2.1	Tarea de Compra de Productos Hedónicos	246
4.1.2.2	Tarea de Compra de Productos Funcionales	252
<b>4.2</b>	<b>ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TAREAS DE COMPRA</b>	<b>258</b>

## **CAPÍTULO V. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y APORTACIONES**

5.1	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	262
5.2	ANÁLISIS DE LAS HIPÓTESIS	283
5.3	CONCLUSIONES OBTENIDAS	288
5.3.1	Conclusiones Teóricas	288
5.3.2	Conclusiones Empíricas	292
5.4	APORTACIONES AL ÁREA DEL MARKETING	297
5.5	LIMITACIONES DEL ESTUDIO	303
5.6	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	305

## **CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFIA**

307

## **CAPÍTULO VII. ANEXOS**

A.1	EXTRACTO CUESTIONARIO PRE-EXPERIMENTAL. ESTUDIO MUJERES.	337
A.2	INFORMACIÓN ENVIADA A LAS MUJERES PARTICIPANTES EN EL EXPERIMENTO, DÍAS PREVIOS A SU PARTICIPACIÓN	339
A.3	CONSENTIMIENTO INFORMADO RESONANCIA MAGNÉTICA	341
A.4	CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	343
A.5	TEST DE DOMINANCIA LATERAL DE A.J.HARRIS	345
A.6	ESTUDIOS ANALIZADOS EN EL “META-ANÁLISIS SOBRE LAS DIFERENCIAS DE SEXO EN LA ESTRUCTURA DEL CEREBRO HUMANO”. (Ruigrok et al., 2014)	346



## **ÍNDICE DE FIGURAS**

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

2.1	Estructuras Encéfalicas	24
2.2	Areas Funcionales de la Corteza Cerebral	29
2.3	Mapa Citoarquitectónico de Brodmann	30
2.4	Surcos, Giros y Lóbulos del Cerebro	32
2.5	Sistema Límbico	35
2.6	Análisis de Conexión Cerebral por Género	40
2.7	Diferencias de tamaño de las Estructuras Cerebrales según el Género	41
2.8	Principales Diferencias Funcionales del Cerebro por Género	42
2.9	Esquema del Funcionamiento de la Resonancia Magnética	49
2.10	Modelo del Comportamiento del Consumidor de Nicosia	65
2.11	Modelo del Comportamiento del Consumidor de Engel, Kollat & Miniard	66
2.12	Modelo del Comportamiento del Consumidor de Howard - Sheth	67
2.13	Modelo del Comportamiento del Consumidor de Bettman	68
2.14	Relación entre fases y rutinas de un proceso de decisión Mintzberg (1976)	78
2.15	Confluencia de las disciplinas psicológicas, conductuales y neurocientíficas en la comprensión de la naturaleza biológica del proceso afectivo	96
2.16	Teoría de James - Lange	98
2.17	Teoría del Cerebro Emocional de Cannon-Bard	99
2.18	Circuito de Papez	100
2.19	Teoría de los dos Factores de Schachter y Singer	102
2.20	Estructuras clave para el procesamiento de las emociones	111
2.21	Esquema del Proceso de Reconocimiento de un estímulo emocional en función del tiempo	119
2.22	Cinco tipos de Estrategias de Regulación de las Emociones	126
2.23	Modelo del Proceso de Regulación Intencional de las Emociones	127
2.24	Red Neural de Khon para la Regulación de las Emociones	129
2.25	Sistemas Cerebrales de Memoria Implícita y Explícita	133

2.26	Circuito de Valoración de Kable y Glimcher	139
2.27	Estructuras Cerebrales Implicadas en el Cálculo del Valor Esperado y la Anticipación de Ganancias	140
2.28	Principales Estructuras Cerebrales Implicadas en la Toma de Decisiones	141
2.29	Diferencias de activación entre Hombre y Mujeres en la realización de tareas de IGT	143
2.30	Circuito de Recompensa Cerebral - Sistema Mesolímbico-Dopaminérgico	145
2.31	Análisis Cerebral de la Respuesta a Pérdidas y Ganancias Potenciales	147

### **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1	Ejemplo Tarea de Control	177
3.2	Ejemplo Tarea de Compra	178
3.3	Ejemplo Tarea de Selección	178
3.4	Esquema de Ubicación del Sujeto Experimental en la Máquina de Resonancia Magnética	180
3.5	Esquema Presentación Estímulos	181

### **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

4.1	Asociación de Áreas Corticales Cerebelares en el Vermis	191
-----	---	-----

### **CAPÍTULO V. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y APORTACIONES**

5.1	Diferencias en el Volumen de Materia Gris Cerebral por Género	265
-----	---	-----

## **ÍNDICE DE IMÁGENES**

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.1 - Hombres	188
4.2	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.1 - Mujeres	189
4.3	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.2 - Hombres	192
4.4	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.2 - Mujeres	192
4.5	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.3 - Hombres	195
4.6	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.3 - Mujeres	195
4.7	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.4 - Hombres	198
4.8	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.4 - Mujeres	198
4.9	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.5 - Hombres	202
4.10	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.5 - Mujeres	202
4.11	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.6 - Hombres	204
4.12	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.6 - Mujeres	204
4.13	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.7 - Hombres	206
4.14	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.7 - Mujeres	206
4.15	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.8 - Hombres	208
4.16	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.8 - Mujeres	208
4.17	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.9 - Hombres	210
4.18	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No.9 - Mujeres	210
4.19	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Sagital - Hombres	211
4.20	Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Sagital - Mujeres	212
4.21	Comparativa de Activación Cerebral por Género. Tarea de Compra Productos Hedónicos	213
4.22	Comparativa de Activación Cerebral por Género. Cortes Sagitales. Tarea de Compra Productos Hedónicos	214
4.23	Comparativa de Activación Cerebral por Género. Cortes Coroneles. Tarea de Compra Productos Hedónicos	215
4.24	Comparativa de Activación Cerebral por Género. Reconstrucción 3D. Tarea de Compra Productos Hedónicos	216
4.25	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.1 - Hombres	219
4.26	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.1 - Mujeres	219
4.27	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.2 - Hombres	221
4.28	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.2 - Mujeres	221

4.29	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.3 - Hombres	224
4.30	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.3 - Mujeres	224
4.31	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.4 - Hombres	226
4.32	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.4 - Mujeres	226
4.33	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.5 - Hombres	229
4.34	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.5 - Mujeres	229
4.35	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.6 - Hombres	231
4.36	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.6 - Mujeres	231
4.37	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.7 - Hombres	233
4.38	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.7 - Mujeres	233
4.39	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.8 - Hombres	235
4.40	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.8 - Mujeres	235
4.41	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.9 - Hombres	237
4.42	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No.9 - Mujeres	237
4.43	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Sagital - Hombres	238
4.44	Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Sagital - Mujeres	239
4.45	Comparativa de Activación Cerebral por Género. Tarea de Compra Productos Funcionales	240
4.46	Comparativa de Activación Cerebral por Género. Cortes Coranales. Tarea de Compra Productos Funcionales	241
4.47	Comparativa de Activación Cerebral por Género. Cortes Sagitales. Tarea de Compra Productos Funcionales	242
4.48	Comparativa de Activación Cerebral por Género. Reconstrucción 3D. Tarea de Compra Productos Funcionales	243

## **CAPÍTULO V. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y APORTACIONES**

5.1	Activación Frontal en Mujeres por Tipo de Tarea de Compra	267
5.2	Activación Parieto-Occipital en Hombres por Tipo de Tarea de Compra	269

5.3	Diferencia en dimensión e Intensidad de la Actividad Cerebral por Género y Tipo de Tarea de Compra. Cortes Sagital y Axial	272
5.4	Activación de Estructuras Cerebrales Implicadas en la Toma de Decisiones por tipo de Tarea de Compra	279

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**



**CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1	Diagrama de Dispersión. Productos elegidos Experimento. Grupo de Mujeres	168
3.2	Diagrama de Dispersión. Productos elegidos Experimento. Grupo de Hombres	170

## RESUMEN

# **EMOCIONES Y GÉNERO EN EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES DE COMPRA. ESTUDIO REALIZADO CON RESONANCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL - RESUMEN -**

## **INTRODUCCIÓN.**

El paradigma de la elección ha sido durante años objeto de estudio por parte de múltiples disciplinas, como la psicología y la economía. La forma en que los individuos se decantan por una u otra opción de entre todas las disponibles, ha despertado durante siglos la curiosidad científica de todos aquellos interesados en entender el comportamiento humano. Numerosos investigadores y múltiples enfoques, han hecho de la toma de decisiones una materia rica, extensa y diversa (Buchanann & O'Connell, 2006).

Desde los tiempos de Platón, hasta bien entrado el siglo XX, las teorías sobre la toma de decisiones se debatieron entre un individuo puramente racional y calculador, cuyas decisiones servían al propósito de maximizar su utilidad (Elrod, et al., 2004) y un individuo más práctico, subjetivo y orientado a tomar atajos para hacer de decisiones complejas una tarea fácil (Kanheman & Tversky, 1984. Gigerenzer & Selten, 2002).

Es hasta la era moderna, cuando los avances tecnológicos, dan lugar a herramientas de exploración neurológica cada vez menos invasivas, más precisas y con mejor resolución (Goldstein, 2001. Roman, et al., 2010), que los estudiosos de la materia, se dan a la tarea de validar los hallazgos teóricos en este sentido.

En este contexto, se enmarca el Neuromarketing, que ayudado de herramientas neurológicas, pretende entender los mecanismos neurales que subyacen a complejos procesos del ser humano como la toma de decisiones, la memoria y las emociones con el propósito de dar una explicación más real a los diferentes fenómenos del marketing. (Hubert & Kenning, 2008. Morin, 2011).

Gracias a la aplicación de técnicas neurocientíficas a la investigación de marketing, se ha podido encontrar que la toma de decisiones involucra tanto procesos puramente cognitivos y racionales, como emocionales (Damasio, 1996, 2000. Bechara, 2005. Tranel et al., 2005. Knutson et al., 2007), dando lugar a una visión en la que la elección termina siendo el resultado de un proceso consensuado entre la emoción y la razón.

En otras palabras, tal como señala Damasio, la emoción bien dirigida y desplegada parece ser un sistema de apoyo sin el que el edificio de la razón no puede funcionar correctamente (Damasio, 2000) y aunque las emociones no sustituyen a la razón ni son capaces de decidir por los individuos (Damasio, 1996), se posicionan como un elemento fundamental del proceso de elección (Bechara & Damasio, 2005).

Con base en estas premisas y en estudios previamente realizados en el área del marketing (Knutson, et al, 2007. Weber, et al. 2007. Knutson & Greer, 2008. Plassman, et al., 2007. Fehr, 2009), se plantea la hipótesis del presente estudio, cuyo objetivo es identificar y analizar la influencia de las diferencias fisiológicas y morfológicas cerebrales entre hombres y mujeres en el proceso de toma de decisiones de compra, así como precisar el papel de las emociones en dicho proceso.

## **MÉTODO.**

El presente estudio se basa en los resultados de dos experimentos realizados mediante la adquisición de imágenes por Resonancia Magnética Funcional, realizados en una muestra de 23 hombres y 29 mujeres, a quienes se pidió simular la compra de productos hedónicos y funcionales mientras se escaneaba su activación cerebral como respuesta a un paradigma experimental con Diseño en Bloque (*Box-Car Design*).

Las imágenes fueron adquiridas en un resonador Philips Intera de 1,5 Tesla con antena Head Coil de 8 canales. Se realizó una secuencia anatómica T1 (T1 Sagital FFE 3D) para adquisiciones volumétricas de alta definición de todo el cerebro, de 1mm de espesor, para la localización posterior de las activaciones cerebrales. Las secuencias funcionales, EPI (*Echo-Planar Imaging*) sensibles al efecto BOLD, se realizaron así:

MUJERES: 122 volúmenes cerebrales por serie, de 30 imágenes axiales (Espesor 5 mm, Tiempo de repetición = 3000 ms (3 segundos), Tiempo de Eco = 50 ms, Tamaño de voxel 3.59 X 3.59, Matriz 64 X 64).

HOMBRES: 150 volúmenes cerebrales por serie, de 20 imágenes axiales (Espesor 5 mm, Tiempo de repetición = 3000 ms (3 segundos), Tiempo de Eco = 50 ms, Tamaño de voxel 3.59 X 3.59, Matriz 64 X 64).

## **RESULTADOS.**

Los resultados del estudio permitieron identificar las estructuras cerebrales implicadas en la decisión de compra demostrando que tanto la asimetría funcional cerebral, como el fenómeno de lateralización hemisférica, relacionados con el género, se reflejan en el proceso de decisión.

Del mismo modo, se pudo concluir que tanto el volumen de flujo sanguíneo como la dimensión de las zonas y estructuras cerebrales, tiene incidencia en las magnitudes (intensidad, dimensión) de la activación neuronal.

Finalmente, se encontró que con independencia del género y el tipo de producto (hedónico/funcional), la toma de decisiones de compra involucra estructuras cerebrales propias del procesamiento y regulación de las emociones y que los estímulos emocionales tienen una marcada influencia en el desempeño de la memoria.

## **CONCLUSIONES.**

Uno de los principales aportes del presente estudio, es el hallazgo de la implicación de estructuras propias del procesamiento y regulación de las emociones en el proceso de toma de decisiones.

Los hallazgos del estudio permiten validar las afirmaciones teóricas en relación con que las emociones pueden influir de forma demostrable en la toma de decisiones al actuar como un sistema de calificación automática de predicciones que actúa para

evaluar los supuestos del futuro anticipado de los individuos. (Damasio, 1996, 2000, 2004. Bechara, 2005. Knutson et al. 2007)

Estos hallazgos resultan de gran importancia en el ámbito del marketing, al sugerir que las emociones son capaces de incidir en la valoración de los diferentes atributos de las alternativas de elección disponibles, así como de facilitar el funcionamiento de la memoria episódica (Rolls, 2004) y con esto del almacenamiento de conceptos en relación con las marcas y su posterior recuerdo.

Igualmente, pudo encontrarse que hombres y mujeres abordan el fenómeno de la elección de forma diferente y que como el mismo Damasio (2005) señala, hombres y mujeres usan diferentes estrategias para solucionar problemas similares (Van den Boss, et al., 2013), diferencias éstas que reflejan la asimetría y diferencias neurobiológicas relacionadas con el género. (Tranel, et al., 2005).

En resumen, el presente estudio contribuye con una mayor comprensión de la forma en que los consumidores abordan el fenómeno de la elección, y la forma en que las emociones influyen en los diferentes fenómenos de marketing. Lo cual sin duda contribuirá con el diseño de estrategias de marketing más eficaces, a todos los niveles y redundará en relaciones más efectivas y duraderas con los consumidores.

**Palabras Clave:** Neuromarketing, Emociones, Toma de Decisiones de Compra, Toma de Decisiones, Comportamiento del Consumidor, FMRI.

## **ABSTRACT**

# **GENDER, EMOTIONS AND DECISION MAKING IN MARKETING: AN FMRI STUDY - ABSTRACT -**

## **INTRODUCTION.**

The phenomenon of choice has long been studied by multiple disciplines, such as psychology and economics. The reasons that underlie each of our choices have been the object of many studies that conform the theoretical body of decision making. Without any doubt, a rich, extensive and diverse field. (Buchanann & O'Connell, 2006).

During centuries, most theories of choice were discussing about the rationality of decision making. Initially, theories believe in a man purely rational and assumed that decisions derived from an assessment of the future outcomes of various options and alternatives through some type of cost-benefit analyses. (Bechara, et al. 2004. Elrod, et al., 2004).

Overtime, the pure rationality theories were slowly dissolving and it appears theories based on a more practical man, oriented to take shortcuts in order to make complex decisions an easy task. (Kahneman & Tversky, 1984. Gigerenzer & Selten, 2002).

In the modern age, technological improvements made possible the access to advanced neurological tools, less invasive and more accurate (Roman, et al., 2010). This opportunity opened the door to the validation of topics before restricted to the theoretical field as the role of emotions on decision making.

As a result of those advances, emerging disciplines appear in order to explain its own phenomenons by using neuroscience tools. It is the case of Neuromarketing or consumer neuroscience, a sub-area of neuroeconomics, that employs methods originally used in brain research for investigating marketing problems. (Hubert & Kenning, 2008. Morin, 2011).



The application of neuroscientific techniques to the marketing research has helped to researchers to make interesting findings about the decision making. The most important one, remarks that decision making involves both cognitive and emotional processes (Damasio, 1996, 2000. Bechara, 2005. Tranel et al . 2005 . Knutson et al., 2007) and suggest that choices are the result of an agreed process between emotion and reason.

As stated by Damasio, well-targeted and well-deployed emotion seems to be a support system without which the edifice of reason cannot operate properly. (Damasio, 2000). Although emotions are no substitute for reason and they are not able to decide by ourselves (Damasio, 1996), they are positioned as a fundamental element of the decision making process (Bechara & Damasio , 2005).

## **METHOD.**

Using functional magnetic resonance imaging (fMRI), we examined neural responses to a purchase task in 23 men and 29 women. The experiments were based on a block design (*Box- Car Design*). The task involved purchases of hedonic and functional products from different categories.

The images were acquired on a Philips Intera scanner 1.5 Tesla coil antenna head 8 channels. An anatomical sequence T1 (T1 Sagittal FFE 3D) for volumetric HD acquisitions of whole brain, of 1 mm thickness, was performed. The functional sequences, EPI (Eco-Plannar Imaging) sensitive to BOLD effect, were made as follows:

WOMEN: 122 brain volumes. 30 axial images (Thickness 5mm, Repetition time = 3000 ms (3 seconds), Echo time = 50 ms, Voxel size 3.59 x 3.59, Matrix 64 X 64).

MEN: 150 brain volumes. 20 axial images (Thickness 5mm, Repetition time = 3000 ms (3 seconds), Echo time = 50 ms, Voxel size 3.59 x 3.59, Matrix 64 X 64).

## **RESULTS.**

The study results identify the brain structures involved in the purchase decision. Both the functional brain asymmetry and the hemispheric lateralization, related to gender, are reflected in the decision process.

Similarly, it was concluded that the volume of blood flow and the size of brain structures and areas, have an impact on the magnitude (intensity and dimension) of neuronal activation.

Finally, it was found that regardless of gender and product type (Hedonic / Functional), purchasing decisions involving brain structures of processing and regulation of emotions and that emotional stimuli have a marked influence on performance the memory.

## **CONCLUSIONS.**

The main contribution of this study lies in the identification of brain structures related to processing and regulation of emotions as key parts of purchase decision process.

This research helps to validate the theoretical statements regarding emotions can demonstrably influence on decision making by acting as an automatic scoring system to evaluate predictions that the anticipated future of individuals. (Damasio, 1996, 2000, 2004. Bechara, 2005. Knutson et al., 2007).

The results suggest emotions can influence different attributes of choice alternatives and facilitate the operation of episodic memory (Rolls, 2004), the storage of brand concepts and their subsequent recall.

Likewise, the findings show that men and women approach the phenomenon of choice differently. As Damasio (2005) points out, men and women use different strategies to solve similar problems (Van den Boss et al., 2013). These disparities reflect the asymmetry and neurobiological dissimilarities related to gender. (Tranel et al., 2005).

In summary, this study contributes to a better understanding of how consumers deal with the phenomenon of choice, and how emotions influence marketing phenomena. This knowledge undoubtedly will contribute to the design of more effective marketing strategies at all levels that will result in more effective and lasting relationships with consumers.

**Keywords:** Neuromarketing, Emotions, Purchase Decision Process, Decision Making, Consumer Behaviour, FMRI.

# **CAPÍTULO I.**

## **INTRODUCCIÓN**

## 1.1 INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El paradigma de la elección ha sido durante años objeto de estudio por parte de múltiples disciplinas, como la psicología y la economía. La forma en que los individuos se decantan por una u otra opción de entre todas las disponibles, ha despertado durante siglos la curiosidad científica de todos aquellos interesados en entender el comportamiento humano. Numerosos investigadores y múltiples enfoques, han hecho de la toma de decisiones una materia rica, extensa y diversa (Buchanann & O'Connell, 2006).

Desde los tiempos de Platón, hasta bien entrado el siglo XX, las teorías sobre la toma de decisiones se debatieron entre un individuo puramente racional y calculador, cuyas decisiones servían al propósito de maximizar su utilidad (Elrod, et al., 2004) y un individuo más práctico, subjetivo y orientado a tomar atajos para hacer de decisiones complejas una tarea fácil (Kanheman & Tversky, 1984. Gigerenzer & Selten, 2002).

Es hasta principios del siglo XX, cuando se comienza a hablar de la neurociencia afectiva y se empieza a poner el papel de las emociones en contexto. De la mano de esta disciplina, la neurociencia sale del ámbito médico y se permite más allá de las patologías clínicas, estudiar fenómenos del comportamiento humano como la toma de decisiones.

Uno de los grandes aportes de la Neurociencia Afectiva moderna, es la idea de que la toma de decisiones involucra tanto procesos puramente cognitivos y racionales, como emocionales (Damasio, 1996, 2000), dando lugar a una visión conciliadora de las teorías clásicas en la que la elección termina siendo el resultado de un proceso consensuado entre la emoción y la razón.

No obstante, de esta visión sólo se contaba con evidencias teóricas, puesto que a la fecha ningún estudio de corte neurológico había conseguido identificar con precisión los mecanismos neurales implicados en la toma de decisiones dado que no se contaba con herramientas tecnológicas capaces de definir con precisión las estructuras cerebrales implicadas en el proceso.

A comienzos del siglo XXI, gracias a los avances tecnológicos que trajeron consigo técnicas de exploración cerebral más precisas, menos invasivas y de mejor resolución (vg. la Resonancia Magnética Funcional); disciplinas como el marketing empiezan a servirse de herramientas neurológicas, para entender los fenómenos más trascendentes de su disciplina, como la forma en que los consumidores piensan, deciden y se comportan (Morin, 2011. Kenning & Linzmajer, 2011).

En este contexto, surge la necesidad de validar desde el punto de vista neurológico si la toma de decisiones en un contexto de compra, involucra procesos tanto de orden cognitivo como de orden emocional y sumada a esta, la necesidad de entender la forma en que este proceso se lleva a cabo desde el punto de vista neurocientífico y cómo las diferentes variables a las que se enfrenta un consumidor en un entorno de compra habitual, pueden variar la ejecución del proceso a nivel neuronal.

Es así como las investigaciones en las que se basa el presente estudio, se plantean empezar por la primera parte del problema y analizar la influencia de los mecanismos reguladores de las emociones en el proceso de toma de decisiones de compra.

Continuando con esa misma línea, el presente estudio se plantea contribuir con la segunda parte del problema planteado, analizando la forma en que las diferencias de género inciden en el proceso de toma de decisiones de compra, de productos de corte hedónico y de corte funcional.

Para tal efecto, se ha hecho uso de imágenes adquiridas mediante Resonancia Magnética Funcional durante la ejecución de tareas de compra en hombres y mujeres. Los resultados del estudio con imágenes, serán contrastados con una revisión teórica sobre el comportamiento del consumidor, la toma de decisiones y las emociones, con el fin de concluir si las diferencias de género inciden en el proceso y la forma en que estas diferencias pueden influir en el resultado final del mismo.

## 1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Una vez planteado el problema de investigación, puede decirse que el objetivo central de la presente investigación es:

***Identificar y analizar la influencia de las diferencias fisiológicas y morfológicas cerebrales entre hombres y mujeres en el proceso de toma de decisiones de compra. Así como precisar el papel de las emociones en este proceso.***

Del mismo modo, el presente estudio pretende:

- Identificar las estructuras cerebrales implicadas en el proceso de toma de decisiones de compra en hombres y mujeres.
- Analizar la forma en que las diferencias de género a nivel neurológico inciden en el proceso de toma de decisiones de compra.
- Analizar la implicación de estructuras cerebrales relacionadas con el procesamiento y regulación de las emociones en el proceso de la toma de decisiones de compra, con base en el género del decisor y el tipo de producto a comprar.

Finalmente, con el presente estudio se pretende aportar a las bases teóricas del Neuromarketing y contribuir con una mayor y mejor comprensión del comportamiento del consumidor.

### 1.3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La ciencia es un creciente cuerpo de ideas, un sistema vivo y en permanente desarrollo, que puede caracterizarse como conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible. (Bunge, 1968. Recuero, 2014).

La metodología científica, piedra angular del saber científico, alberga la aplicación del Método Hipotético deductivo, que muestra hechos que puedan ser observados, racionalizándolos y explicándolos por medio de hipótesis (Bunge, 1968).

Durante el desarrollo del presente estudio, se han aplicado las premisas de este método, que supone el desarrollo de cuatro etapas básicas (Martínez Tercero, 2000), que al completarse darán a conocer una explicación plausible al fenómeno objeto de estudio por parte del investigador:

- I. Elaboración de una "hipótesis teórica" o "enunciado teórico o simplemente una teoría. (A)
- II. Proceso deductivo a partir del anterior enunciado teórico, ello implica que partimos de suponer que el enunciado teórico es cierto. (A es cierto)
- III. Proponer, como fruto del proceso deductivo, uno o varios hechos necesarios y observables. (Hipótesis Básica)
- IV. Contrastación de los enunciados básicos

Siendo esta metodología la guía conductual del presente trabajo de investigación, en primer lugar se hará una revisión del contexto teórico del problema planteado, para luego proceder al enunciado de la hipótesis teórica a corroborar.



No obstante, debe tenerse en cuenta que una hipótesis teórica, es un porqué de los hechos, una explicación de los mismos y una propuesta acerca de las causas que los producen, pero que a pesar de ello, sólo puede ser corroborada a través de la contrastación de las hipótesis básicas (Martínez Tercero, 2000).

Es por esto, que mediante la aplicación del proceso hipotético deductivo se encontrarán las hipótesis básicas que se someterán a contrastación para corroborar o falsar la hipótesis teórica enunciada, siguiendo la regla de inferencia del *Modus Tollens*.

Según esta regla:

Si P implica que Q, si no es el caso de Q, entonces no es cierto que P (Falsación) y,

Si P implica que Q, si es el caso de Q, entonces es cierto que P (Contrastación).

$$P \rightarrow Q, \neg Q \vdash \neg P$$

De esta forma, podrá considerarse que una vez las hipótesis básicas planteadas sean contrastadas, la hipótesis teórica podrá considerarse igualmente contrastada.

## 1.4 CONTENIDO Y ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio se ha estructurado en cinco capítulos a través de los cuales se espera cumplir con los objetivos planteados.

### ***Capítulo I. Introducción***

En este capítulo se marcan los lineamientos de la investigación, se hace una introducción al problema de investigación y se establecen los objetivos que deberán haberse alcanzado al finalizar el estudio. Del mismo modo, se enuncia la metodología que guiará la ejecución del estudio y la estructura que se dará al documento escrito en el que se expondrá su contenido, una vez finalizado.

### ***Capítulo II. Marco Teórico***

Este capítulo recoge la revisión teórica que será la base para el planteamiento de la hipótesis teórica sobre la que se sienta la investigación. Se divide en cuatro partes, con el fin de abarcar todas las aristas del problema de investigación, así:

- *Parte 1. Fisiología y Anatomía del Cerebro Humano*

El primer paso para hablar de las bases neurales que subyacen a cualquier proceso, es el conocimiento de la estructura y funcionamiento del cerebro. Por esta razón, en este apartado, se hace una descripción general de la anatomía y fisiología del cerebro humano y se analiza cómo las diferencias de género se reflejan en la morfología y el funcionamiento cerebral.

- *Parte 2. Técnicas de Exploración Neurológica*

En la segunda parte, se describen y analizan las diferentes técnicas de exploración neurológica, teniendo en cuenta tanto las técnicas estructurales (TC, RM) como las técnicas funcionales (RMF, PET, SPECT), las técnicas de medición de la actividad eléctrica cerebral (EEG, ERP, MEG) y las técnicas de estimulación craneal.

Esto con el fin de conocer las diferentes alternativas a las que se enfrenta cualquier estudio de investigación basado en el funcionamiento cerebral y contar con las herramientas necesarias para entender la utilidad y alcance de la Resonancia Magnética Funcional, tanto para este estudio, como para estudios de corte similar.

- Parte 3. Toma de Decisiones y Comportamiento del Consumidor. Fundamentos Teóricos.

Dado que uno de los objetivos de la presente investigación es desvelar la forma en que los consumidores toman sus decisiones de compra, es preciso analizar las bases teóricas del comportamiento del consumidor y de la toma de decisiones.

En este sentido, en este apartado, se hace una revisión de las principales teorías y modelos en el marco de estas dos materias, haciendo un breve recuento del devenir histórico de las mismas.

- Parte 4. Emoción y Cognición en la Toma de Decisiones

Uno de los planteamientos en los que se basa el presente estudio es que la toma de decisiones resulta ser un proceso en el que emoción y razón se integran para dar lugar a la elección de la opción más valiosa a los ojos del decisor. (Kable & Glimcher, 2009).

No obstante, resulta primordial conocer la forma en que la cognición y la emoción se entremezclan en el proceso de toma de decisiones, así como entender el papel de cada una de estas variables en el mismo.

Por esta razón, en este apartado, se analiza el papel de las emociones en el proceso de toma de decisiones. Se analizan las bases neurales de procesos emocionales como el reconocimiento de estímulos emocionales, su procesamiento y la regulación de las emociones; y del mismo modo, se analizan los mecanismos cerebrales implicados en la toma de decisiones.

Se cierra el apartado hablando del Neuromarketing, campo dentro del cual se enmarca el presente estudio, señalando su importancia para la comprensión de la forma en que los consumidores actúan y se relacionan con marcas y productos.

### ***Capítulo III. Metodología de la Investigación***

En este capítulo, se enuncia la hipótesis teórica en la que se basa la investigación y se describen las hipótesis básicas mediante las cuales ésta será contrastada. Igualmente, se describe la forma en que se llevaron a cabo los experimentos en los que se basa el presente estudio, la metodología aplicada al procesamiento estadístico de la información, así como la forma en que se adquirieron, procesaron y analizaron las imágenes de resonancia magnética obtenidas.

### ***Capítulo IV. Análisis de Resultados***

En este capítulo, se hace el análisis de los resultados obtenidos en los experimentos en los que se basa el presente estudio, tanto a nivel estadístico, como de las imágenes adquiridas. Dado que los experimentos realizados supusieron la ejecución de tareas de compra de dos tipos de productos (hedónicos y funcionales), al finalizar el capítulo se hace una comparativa del proceso de decisión de compra, por género y por tipo de producto.

### ***Capítulo V. Discusión, Conclusiones y Aportaciones***

En el capítulo final, se discuten los hallazgos de los resultados analizados y se hace un análisis de las hipótesis básicas con el fin de establecer si la hipótesis teórica planteada puede ser contrastada. Finalmente, se enuncian las conclusiones de la investigación, se describen sus principales limitaciones y se establecen posibles líneas futuras de investigación en aras de continuar enriqueciendo el cuerpo teórico de la materia.

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO**

## 2.1 FISIOLÓGÍA Y ANATOMÍA DEL CEREBRO HUMANO

### 2.1.1 SISTEMA NERVIOSO

Con el fin de entender con claridad la importancia del cerebro tanto a nivel anatómico, como a nivel funcional, es preciso entender su contexto dentro del cuerpo humano. Por esta razón, en primera instancia se hará una breve revisión del mismo.

El sistema nervioso, es el sistema de control más importante del organismo que junto con el sistema endocrino, desempeña la mayoría de las funciones de regulación del cuerpo humano. Es una red que se extiende a lo largo del cuerpo, con conexiones bidireccionales con el control central, que permiten una respuesta coordinada a cualquier estímulo proveniente del exterior o del propio interior. (Le Vay, 1999).

Desde el punto de vista anatómico, el sistema nervioso está dividido en sistema nervioso central, concentrado en el cráneo y la columna vertebral y sistema nervioso periférico, que constituye el tejido nervioso que se encuentra fuera del sistema nervioso central, representado fundamentalmente por los nervios periféricos que inervan los músculos y los órganos (IQB, 2011).

El sistema nervioso periférico, está formado por troncos nerviosos (craneales y espinales), constituidos por fibras o axones *aférentes*, que conducen la información sensitiva a la médula espinal y al tronco cerebral, y fibras *eférentes*, que transmiten impulsos a los músculos. (Barker, 2010).

Los nervios craneales son 12 pares que envía información procedente del cuello y la cabeza hacia el Sistema Nervioso Central y reciben órdenes motoras para el control de la musculatura esquelética del cuello y la cabeza (Haines, 2004).

TABLA 2.1  
Nervios Craneales

PAR	FUNCIÓN
I. Nervio olfatorio	Sensitiva quimiorreceptora
II. Nervio óptico	Sensitiva fotorreceptora
III. Nervio motor ocular común	Motora para músculos del ojo
IV. Nervio patético	Motora para el músculo oblicuo mayor del ojo
V. Nervio trigémino	Sensitiva facial y motora para los músculos de la masticación
VI. Nervio abducens externo	Motora para el músculo recto del ojo
VII. Nervio facial	Motora somática para los músculos faciales y sensitiva para la parte más anterior de la lengua.
VIII. Nervio auditivo	Control de estímulos auditivos y del equilibrio y la orientación.
IX. Nervio glosofaríngeo	Sensitiva quimiorreceptora (gusto) y motora para faringe.
X. Nervio neumogástrico o vago	Sensitiva y motora de tipo visceral.
XI. Nervio espinal	Motora somática para el cuello y parte posterior de la cabeza.
XII. Nervio hipogloso	Motora para la lengua.

FUENTE: Elaboración Propia

Los nervios espinales, por su parte, son 31 pares que se encargan de enviar información sensorial (tacto, dolor y temperatura) del tronco y las extremidades, de la posición, el estado de la musculatura y las articulaciones del tronco y las extremidades hacia el sistema nervioso central y, desde el mismo, reciben órdenes motoras para el control de la musculatura esquelética que se conducen por la médula espinal. Estos tractos nerviosos son:

- Ocho pares de nervios raquídeos cervicales (C1-C8)
- Doce pares de nervios raquídeos torácicos (T1-T12)
- Cinco pares de nervios raquídeos lumbares (L1-L5)
- Cinco pares de nervios raquídeos sacros (S1-S5)
- Un par de nervios raquídeos coccígeos (Co)

El sistema nervioso central, por su parte, es una estructura extraordinariamente compleja que recoge millones de estímulos por segundo, que procesa y memoriza continuamente, adaptando las respuestas del cuerpo a sus condiciones internas o externas. Es el director de la actividad nerviosa. Constituye el órgano del pensamiento y de otras funciones superiores y dirige y controla nuestra relación con el medio que nos rodea, a la vez de controlar nuestras funciones orgánicas. (Carmona, et al., 2005).

Está formado por el encéfalo y la médula espinal, se encuentra protegido por tres membranas (meninges) y en su interior cuenta con un sistema de cavidades conocidas como ventrículos, por las cuales circula el líquido cefalorraquídeo (Haines, 2004).

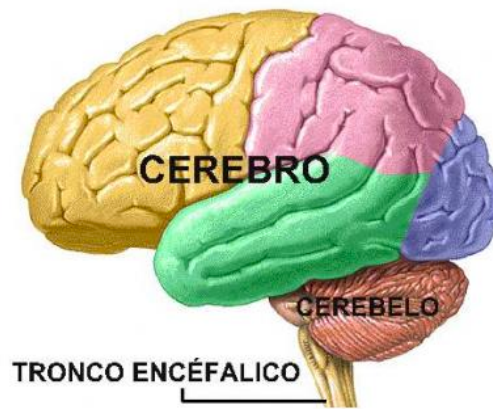
El encéfalo, es la parte del sistema nervioso central que está protegida por los huesos del cráneo y está formado por el cerebro, el cerebelo y el tallo cerebral o tronco encefálico.

El cerebelo, se encuentra en la parte inferior y posterior del encéfalo, alojado en la fosa cerebral posterior junto al tronco del encéfalo, por detrás de la protuberancia y del bulbo raquídeo. Está compuesto por dos hemisferios conectados por una porción mediana denominada “vermis”. Su función principal es la de integrar las vías sensitivas y las vías motoras, integrando toda la información recibida para precisar y controlar las órdenes que la corteza cerebral manda al aparato locomotor a través de las vías motoras.

El Tallo cerebral o Tronco encefálico, está compuesto por el mesencéfalo, la protuberancia anular y el bulbo raquídeo. Conecta el cerebro con la médula espinal y entre sus funciones se encuentra controlar funciones vitales como el control de la respiración, regulación del sistema cardiovascular y se asocia también con el control de la conciencia.



FIGURA 2.1  
Estructuras Encefálicas



FUENTE: Tomado de Netter, 2003.

Finalmente, el cerebro es la parte más voluminosa del encéfalo y se considera pieza fundamental del sistema nervioso. Dada su importancia para el presente estudio, su anatomía y funcionalidad serán analizadas con atención en un apartado posterior.

Desde el punto de vista histológico o estructural, el Sistema Nervioso se compone de:

- Neuronas o células nerviosas, de las que se calcula hay en nuestro organismo  $10^{11}$  unidades, son células altamente especializadas, diseñadas para conducir información, en forma de corriente nerviosa. (Carmona, et al. , 2005)).
- Células de sostén o soporte [tanto anatómico como funcional] dentro del sistema nervioso o neuroglía.
- Tejido conectivo. Las membranas del cerebro y de la médula, así como las vainas de las fibras nerviosas.

Las neuronas son células capaces de transmitir una señal eléctrica de una a otra. Su cuerpo, denominado *soma*, alberga el núcleo y el citoplasma que le rodea. Cada neurona se conecta hasta con diez mil neuronas más a través de los *axones*, que conducen las señales desde los cuerpos celulares, y de las *dendritas*, que reciben la información. En cada axón se encuentra una pequeña ranura denominada *sinapsis*, donde se hace conexión con las dendritas.

Para que esta conexión se pueda llevar a cabo, cada axón desprende una serie de transmisores químicos denominados *neurotransmisores*, que son liberados al espacio intersináptico cuando se dispara la célula. Estos agentes químicos, hacen que la célula vecina se dispare y la reacción en cadena resultante produce una actividad asociada de millones de células conectadas. (Carter, 2002).

En cuanto a la neuroglia, se sabe que se trata de estructuras relativamente simples a primera vista, encargadas de la cohesión celular, la nutrición y el sostén de las células cerebrales. Tienen capacidad para captar, liberar y almacenar neurotransmisores, sirven como aislante para los axones de las neuronas, y en general las protegen físicamente del resto de tejidos y de posibles elementos patógenos preservando la integridad de la barrera hematoencefálica. (Barker, 2010).

Desde el punto de vista funcional, en atención al rol de las diferentes redes neurales, el Sistema Nervioso se divide en Sistema Nervioso Somático y Sistema Nervioso Autónomo.

El Sistema Nervioso Somático, es la parte del Sistema Nervioso que interactúa con el exterior y se encarga de regular las funciones voluntarias o conscientes del organismo. Se compone de nervios aferentes que reciben señales sensoriales desde el exterior (músculos, piel, ojos, etc) y nervios eferentes que llevan señales motoras del Sistema Nervioso Central hacia los músculos (Pinel, 2002).

El Sistema Nervioso Autónomo, por su parte, participa en la regulación del ambiente interno, regulando las funciones involuntarias o inconscientes del organismo y recibiendo y entregando señales de los órganos internos y el Sistema Nervioso Central.

Este Sistema Nervioso Autónomo, a su vez, se divide en Simpático y Parasimpático que se rigen siguiendo tres principios clásicos:

- I. Los nervios simpáticos estimulan, organizan y movilizan recursos energéticos ante situaciones de peligro, mientras que los parasimpáticos tienen una función de ahorro de energía.

- II. Cada órgano diana autónomo recibe señales simpáticas y parasimpáticas opuestas y su actividad está controlada por los niveles relativos de actividad simpática y parasimpática.
- III. Los cambios simpáticos indican activación psicológica, mientras que los parasimpáticos indican relajación. (Pinel, 2002).

### 2.1.2 ANATOMÍA DEL CEREBRO

El cerebro, constituye el extremo superior del eje cerebroespinal, tiene el tamaño de un coco, la forma de una nuez, el color del hígado y la consistencia de la mantequilla. (Carter, 2002). Está constituido por dos hemisferios, conectados por una masa de sustancia blanca denominada “cuerpo calloso”. Cada uno de los hemisferios posee una cubierta que se desarrolla y pliega para aumentar su superficie. Dicha porción del cerebro, dotado con un gran número de neuronas, es la corteza cerebral. (Carmona, et al., 2005).

La corteza cerebral está ampliamente plegada para aumentar su superficie sin aumentar su volumen dadas las condiciones rígidas de espacio del cráneo. Cada repliegue de esta capa superficial se llama *sulcus* o surco y cada prominencia abultada entre esos surcos se denomina *gyrus* o giro. El paisaje superficial del cerebro es ligeramente distinto para cada individuo, sin embargo, los surcos principales son características comunes y se usan como puntos de referencia para la cartografía cerebral. (Carter, 2002).

El plegamiento cortical cuenta con una serie de depresiones denominados “pliegues” que dividen la corteza cerebral en parcelas llamadas “lóbulos cerebrales o corticales” y a su vez éstos se subdividen en áreas más pequeñas con el nombre de “circunvoluciones”. (Carmona, et al., 2005).

El cerebro está dividido en dos partes; el diencefalo, que forma la parte central, y el telencefalo, en el que se forman los hemisferios cerebrales. Sus componentes se describen a continuación:

## **DIENCÉFALO**

Los hemisferios cerebrales rodean por completo el diencefalo o “parte en medio del cerebro”, excepto en su superficie ventral. (Afifi & Bergman, 2007). Este, está dividido en cuatro partes principales:

- A. Epitálamo. Ocupa una posición dorsal respecto al tálamo y comprende las siguientes estructuras:
  - a. Estría Medular Talámica. Banda de fibras nerviosas que une el área septal u olfatoria media y los núcleos habenulares.
  - b. Núcleos Habenulares. Se trata de dos núcleos ubicados en la parte caudal del diencefalo, que parten de una red neural que incluye el sistema límbico y se conectan con los mecanismos de la emoción y la conducta.
  - c. Glándula Pineal. Glándula Endocrina cuyas funciones aún no están definidas, pero se sugiere que tienen que ver con la función gonadal y el ritmo circadiano.
- B. Tálamo. Deriva de una palabra griega cuyo significado es “cámara interna”. Es el componente más grande del diencefalo, con una dimensión rostrocaudal de casi 30mm, un peso cercano a los 20 gr. y un contenido de 10 millones de neuronas en cada hemisferio (Afifi & Bergman, 2007). Comprende muchos pares de núcleos (geniculados, ventrales, reticulares, intralaminares, etc), gracias a los cuales se configura como la estación de procesamiento de información sensitiva, motora, e interviene en el nivel de atención y alerta. (Snell, 2003)
- C. Subtálamo. Masa de sustancia gris y blanca situada por debajo del tálamo, entre este y el tegmento del mesencéfalo. Comprende tres estructuras fundamentales: Núcleo Subtalámico, Campos de Forel y Zona Incierta. Tiene conexiones importantes con el cuerpo estriado por lo cual participa en el control de la actividad muscular.
- D. Hipotálamo. Desde el punto de vista anatómico, el hipotálamo es un área pequeña (pesa al rededor de 4 gr. y comprende del 0,3 a 0,5% del volumen del cerebro (Afifi & Bergman, 2007)), estratégicamente ubicada próxima al sistema límbico, el tálamo y la hipófisis. Está compuesto por pequeñas células nerviosas dispuestas

en grupos o núcleos (Preóptico, Anterior, Paraventricular, Dorsomedial, Ventromedial,, Infundibular, Posterior, Supraquiasmático, Supraóptico, Lateral, Tuberal, Mamilar, entre otros.)

Fisiológicamente, es difícil que exista alguna actividad en el cuerpo que no esté influenciada por el hipotálamo ya que este controla e integra las funciones del sistema nervioso autónomo y los sistemas endocrinos y desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la homeóstasis corporal (Snell, 2003).

Ejerce sus efectos mediante la regulación de la liberación hormonal en la Glándula Pituitaria, que cuelga del hipotálamo en la superficie ventral del cerebro. Además de esta glándula, es importante mencionar el Quiasma Óptico, punto de encuentro de los nervios ópticos de cada ojo.

## **TELENCÉFALO**

Es la más grande de las divisiones del cerebro humano y media en sus funciones más complejas. Dentro de sus componentes están:

### **A. Corteza Cerebral**

Como ya se mencionó, la corteza cerebral es la capa de tejido que recubre los hemisferios cerebrales. Su área de superficie está aumentada por su capacidad de plegamiento en circunvoluciones separadas por surcos. Está compuesta por sustancia gris y se estima que contiene aproximadamente 10 millones de neuronas. Su espesor varía de entre 1,5 a 4,5 mm (Snell, 2003).

La organización de la corteza cerebral puede considerarse desde diversos puntos de vista. Los primeros estudios al respecto datan de principios del siglo XX, cuando se crearon los primeros mapas citoarquitectónicos<sup>1</sup> que aún se utilizan, tales como el Mapa de Brodmann (1909).

---

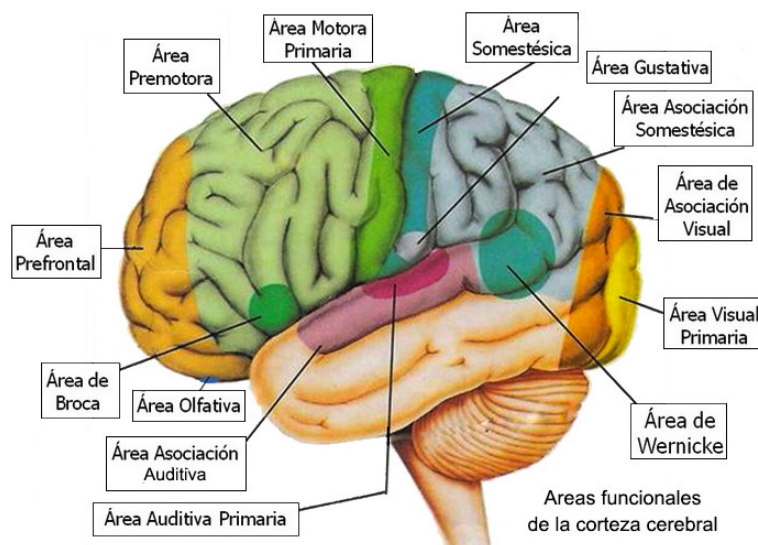
<sup>1</sup> La Citoarquitectura desde el punto de vista neurocientífico, hace referencia específica a la forma en que se encuentran ordenados los soma neuronales (cuerpos de células) en el cerebro y la espina vertebral.

Esta representación topográfica de la corteza cerebral se relaciona con su organización funcional y bajo la acepción de *organización laminar*; divide el cerebro en áreas de tres tipos:

1. *Sensoriales*. Aquellas que reciben información de los sentidos, de modo que hay áreas visuales, auditivas, somatosensoriales, gustativas, etc.
2. *Motoras*. Participan en el control del movimiento corporal previa comunicación de las áreas sensoriales.
3. *De asociación*. Estas ocupan la mayor parte del cerebro y se encargan de integrar la información sensorial y la programación motora. (Carmona, 2005).

FIGURA 2.2

*Áreas Funcionales de la Corteza Cerebral*



FUENTE: Pacheco, 2007.

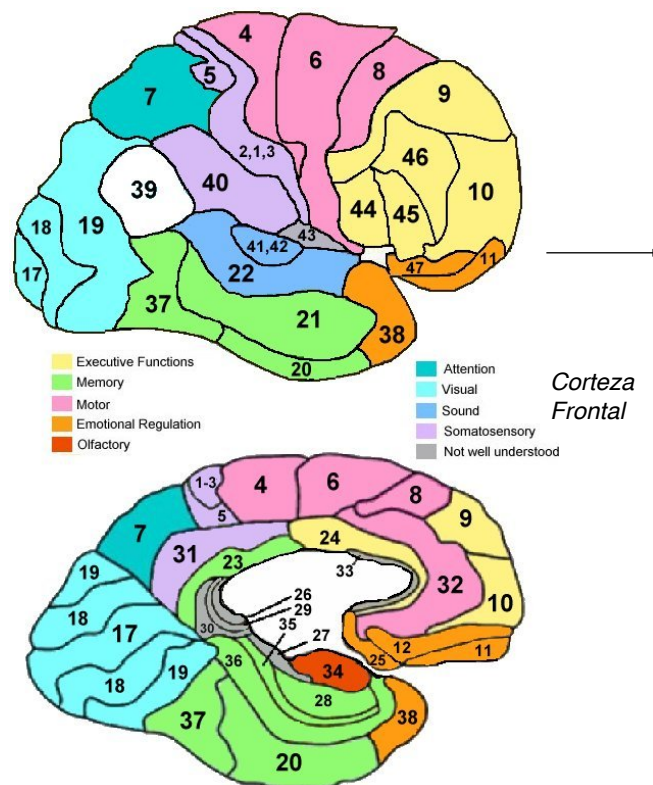
El mapa citoarquitectónico de Brodmann, es el resultado de los estudios realizados por el Dr. Korbinian Brodmann (1868–1918) entre 1903 y 1908, en los cuales se dedicó a comparar la corteza cerebral de 64 especies diferentes de mamíferos.

El cúlmen de su trabajo de investigación, fue publicado en 1909 bajo el título “Localización de los elementos histológicos individuales, estratificación y parcelación en el cerebro humano adulto”. En esta publicación, Brodmann describió la estructura citoarquitectónica de los principales giros cerebrales y demostró que la corteza humana está organizada anatómicamente de la misma manera que en otros mamíferos. (Pearce, 2005).

La corteza, según Brodmann, consta de seis capas y sobre esta base ideó su sistema numérico para referirse a diferentes áreas corticales, que describen 52 áreas que definió como áreas citoarquitectónicas de Brodmann. (Pearce, 2005).

FIGURA 2.3

Mapa Citoarquitectónico de Brodmann



FUENTE: Brodmann Atlas, 2012.

### B. Cisuras y Surcos

Las grandes hendiduras de la corteza cerebral se denominan fisuras o cisuras y las pequeñas, surcos. Los hemisferios cerebrales están separados casi por completo por la más grande de las fisuras, la fisura longitudinal, por donde atraviesan las vías de conexión interhemisférica o comisuras cerebrales (Pinel, 2002). Las dos principales referencias sobre la superficie lateral de cada hemisferio son la cisura central y la lateral, encargadas de dividir cada hemisferio en sus cuatro lóbulos.

### C. Giros

También conocidas como circunvoluciones son elevaciones de la superficie del cerebro producto de sus pliegues sobre sí mismo. En general, cada giro controla la actividad del músculo esquelético que ocupa el lado opuesto del organismo. Entre los giros más grandes están el giro precentral, que constituye la corteza motora, el giro poscentral, que contiene la corteza somatosensorial y el giro temporal superior que contiene la corteza auditiva.

### D. Lóbulos

Por conveniencia y para facilitar el estudio del cerebro, se utiliza cierto número de surcos para subdividir la superficie de cada hemisferio cerebral en lóbulos, que llevan el nombre de los huesos del cráneo debajo de los cuales se ubican (Snell, 2003). En la parte de más atrás está el lóbulo occipital; en la parte inferior, cerca a los oídos, está el lóbulo temporal; en la sección superior está el lóbulo parietal y delante de éste está el lóbulo frontal.

Cada lóbulo desempeña una serie de funciones determinada, así:

- **Lóbulo Occipital:** Alberga la corteza visual primaria y áreas visuales secundarias por lo cual, se encarga del procesamiento visual dándole significado a los que se ve relacionando los estímulos visuales actuales con experiencias pasadas y el conocimiento adquirido.
- **Lóbulo Parietal:** Está asociado a sensaciones, incluyendo el sentido del tacto, la cenestesia (conjunto de sensaciones que una persona posee de su cuerpo, sensaciones dadas por los órganos internos, la sensación general de la existencia

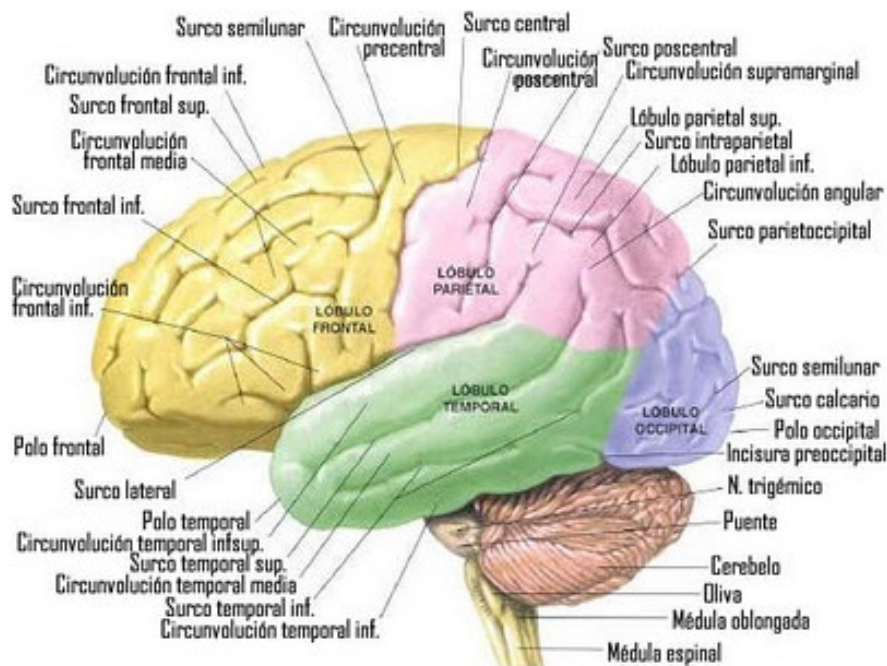


del cuerpo de uno mismo), la percepción de calor y frío, así como de vibraciones. También participa en la escritura y en ciertos aspectos de la lectura.

- **Lóbulo Frontal:** Alberga la corteza motora primaria, en la cual se encuentran las neuronas involucradas en el control de movimientos voluntarios de músculos, incluyendo aquellos necesarios para hablar y tragar.. Así mismo, se le atribuyen funciones cognitivas de nivel superior como el razonamiento y el juicio.
- **Lóbulos Temporales:** Zonas de procesamiento auditivo y olfativo. Se le atribuyen funciones relacionadas con el reconocimiento del sonido, comprensión del lenguaje (interpretación semántica o de significado de palabras), memoria y aprendizaje.

**FIGURA 2.4**

*Surcos, Giros y Lóbulos del Cerebro*



FUENTE: Pacheco, 2007.

#### E. Ganglios Basales

También denominados Núcleos de la Base, son un conjunto de masas de sustancia gris situadas debajo de cada uno de los hemisferios cerebrales asociados con movimientos voluntarios realizados de forma principalmente inconsciente, esto es, aquellos que involucran al cuerpo entero en tareas rutinarias o cotidianas.. Sus componentes son: Cuerpo Estriado, a su vez compuesto por el Núcleo caudado y Núcleo lenticular (Globo pálido + Putamen), Núcleo Amigdalino y Claustro.

#### F. Cuerpo Calloso

Es el haz de fibras nerviosas más extensa del cerebro. Sirve como vía de comunicación entre los hemisferios cerebrales.

#### G. Sistema Límbico

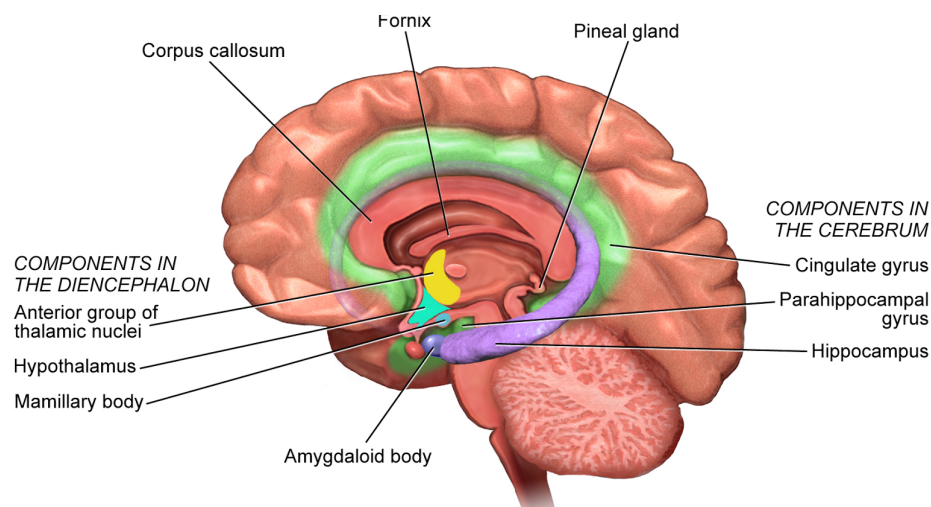
El concepto de sistema límbico se deriva del término lóbulo límbico, acuñado por el antropólogo, anatomista y cirujano francés Pierre Paul Broca en 1978, al referirse a "*le grand lobe limbique*", para designar a las estructuras localizadas en la superficie medial y basal del hemisferio, que conforman un limbo (borde o anillo) alrededor del tallo cerebral (Afifi & Bergman 2007).

Anatómicamente, el sistema límbico está compuesto por:

- A. Circunvolución Subcallosa o Paraterminal: Giro situado en la superficie interna del cerebro, desde el quiasma, al pico o rostrum del cuerpo calloso. Corresponde a una capa de sustancia gris de localización frontal y ventral con respecto a la rodilla del cuerpo calloso.
- B. Giro Cingulado o Circunvolución del Cíngulo: Delimitado por la cisura callosa marginal o surco cingulado, envuelve parcialmente el cuerpo calloso. La parte inferior se enrolla sobre sí misma y resulta ser la quinta circunvolución del área temporal del cerebro.
- C. Formación Hipocámpica: Es una porción de la corteza cerebral que forma una especie de cuerno a lo largo de la curvatura del ventrículo lateral (Fernández-Tresguerres, 2010). Está compuesta a su vez por:

- a. Hipocampo: Su nombre se deriva del anatomista Giulio Cesare Aranzio, quien en el siglo XVI advirtió su gran semejanza con la forma de un caballito de mar o hipocampo. Se trata de una elevación de sustancia gris que se extiende en toda la longitud del piso del asta inferior del ventrículo lateral (Snell, 2003). Al igual que el resto de la corteza cerebral es una estructura pareada, con dos mitades que son imágenes en ambos hemisferios cerebrales y desempeña principalmente funciones importantes en la memoria y el manejo del espacio.
- b. Circunvolución dentada o Giro dentado: Es una banda estrecha y aserrada de sustancia gris ubicada entre la fimbria de hipocampo y la circunvolución del parahipocampo.
- c. Circunvolución o Giro Parahipocampal: Se ubica entre la cisura del hipocampo y el surco colateral y se continúa con el hipocampo a lo largo del borde medial del lóbulo temporal.
- D. Núcleo Amigdalino o Amígdala cerebral: Denominada de esta forma por su parecido con una almendra, la amígdala está constituida por diferentes núcleos con fibras que conectan con el hipocampo, ganglios basales, hipotálamo, tálamo y núcleos del tronco cerebral y desempeña un papel fundamental en el procesamiento emocional, el aprendizaje y la modulación de la atención.
- E. Cuerpos Mamilares: Son dos pequeñas esferas ubicadas simétricamente al final de los arcos anteriores del trígono, en la base del cerebro. Se encargan de recibir impulsos nerviosos procedentes de la amígdala y del hipocampo y reenviarlos hacia el tálamo, a través del tracto mamilotalámico.
- F. Núcleo Talámico anterior: Se trata del núcleo cerebral localizado en el territorio anterior del tálamo cerebral.
- G. Vías conectoras del sistema límbico: álveo, fimbria, fornix y sus divisiones (pilares, comisura y cuerpo), tracto mamilotalámico y estría terminal.

FIGURA 2.5  
Sistema Límbico



FUENTE: Okinawa Institute of Science, 2015.

TABLA 2.2  
Resumen de las principales estructuras del Cerebro

CEREBRO	Telencéfalo	Corteza Cerebral
		Cisuras
		Giros
		Lóbulos
		Ganglios Basales
		Cuerpo Calloso
		Sistema Límbico
	Diencefalo	Epitálamo
		Tálamo
		Subtálamo
		Hipotálamo

FUENTE: Elaboración Propia

### 2.1.3 APROXIMACIÓN FILOGENÉTICA<sup>2</sup> A LA FUNCIÓN CEREBRAL

Existen distintas formas posibles de aproximarse a los conceptos generales de la función cerebral. Se puede partir de estudios filogenéticos, de estudios anatómicos o de la función neuronal, entre otros (Peña-Casanova, 2007).

En el ámbito de la visión filogenética y embriológica de la función cerebral destacan aportaciones como la Teoría de los niveles de Jackson, en la que se resalta una jerarquía vertical en la organización del sistema nervioso, que se puede asimilar a un modelo de niveles o estratos, cuyas estructuras se organizan según un principio de complejidad, jerarquía y subordinación.

Igualmente, encontramos el Modelo Estructural de la Cognición de Brown (1977), en el que se presenta el cerebro como resultado de proceso de evolución destacando cuatro niveles estructurales en el comportamiento humano. Tres de carácter filogenético (subcortical, límbico y neocortical) y un cuarto nivel neocortical más asimétrico.

Paralelamente y en concordancia, aparecen las aportaciones de MacLean, recogidas bajo la “Teoría del Cerebro Triuno” (1978), según la cual el cerebro tal y como lo conocemos es el resultado de la suma de tres niveles de evolución filogenética, producto de desarrollos sucesivos derivados de las necesidades evolutivas del hombre.

El primero y más básico de los cerebros, según MacLean, es el cerebro reptiliano, denominado así por ser la estructura evolutivamente más antigua y por su parecido con el cerebro de estos animales.

Es también conocido como cerebro sensitivo-motor o subcortical. Está compuesto por el tronco cerebral y el cerebelo y su principal función se orienta a tareas de supervivencia física y mantenimiento del cuerpo tales como el grado de alerta y la

---

<sup>2</sup> La filogenia es la parte de la biología que se ocupa de estudiar el origen y desarrollo evolutivo de las especies, y en general, de las estirpes de los seres vivos (RAE. 2015).

regulación de procesos vegetativos del cuerpo como la respiración y la presión sanguínea.

En el siguiente nivel o capa se encuentra el cerebro paleomamífero, representativo o límbico, que alberga los centros primarios de la emoción. En este cerebro, se encuentran el tálamo, el hipotálamo, la amígdala, importante en la asociación de los acontecimientos con las emociones, y el hipocampo, de gran relevancia en la consolidación de la memoria a largo plazo y en la recuperación de la información almacenada en la memoria.

Finalmente, se encuentra el cerebro neomamífero, representativo o neocortical, producto del desarrollo de la corteza, marcado por el desarrollo de actividades superiores como la capacidad de aprendizaje y la abstracción elemental.

Así las cosas, la parte más reciente del cerebro, evolutivamente hablando, es la corteza cerebral, donde emergió la conciencia. En el proceso de evolución de los mamíferos hacia la especie humana, se fue desarrollando una corteza cerebral cada vez mayor que desplazó al cerebelo (cerebro reptil) hacia su actual posición (parte posterior de la masa principal del cerebro, metido debajo de la cola del cerebro y en cierta medida fundido con él (Carter, 2002)).

Se cree que el lenguaje, es el proceso que impulsó el salto de homínido a humano y supuso una expansión de cerca del 40% para crear nuevas áreas de materia gris conocida como *neocortex*, crecimiento éste que hizo que los lóbulos prefrontales brotaran hacia la parte delantera del cerebro, empujando la frente y la bóveda frontal de la cabeza hacia adelante, dándole forma al cráneo moderno. (Carter, 2002).

La neocorteza, es la región más extensa de la corteza cerebral y la que más se ha expandido a lo largo de la evolución y es la estructura considerada como más humana del sistema nervioso. Por este motivo, una de las metas de la neurociencia es establecer las diferencias funcionales de cada una de las áreas corticales. Para tal efecto, se ha postulado la *hipótesis columnar*, según la cual, el procesamiento de información cortical se realiza a través de conjuntos de neuronas organizadas en múltiples microcircuitos (columnas corticales), que se repiten (De Felipe, 2014).

En otras palabras, la columna de la corteza es la unidad básica del procesamiento cortical y según esta teoría, la evolución filogenética de la corteza humana ha implicado un aumento en la cantidad de columnas, lo cual explica la razón por la cual la expansión de la corteza de los primates se produjo a merced de un gran aumento en la superficie (Barker, 2010).

Tal como puede evidenciarse, el cerebro es un órgano de gran complejidad e importancia para el desarrollo de nuestras funciones en los diferentes roles que desempeñamos y en su interior se lleva a cabo todo un proceso dinámico de subsistemas interconectados entre sí que hacen millones de cosas a la vez, cuya actividad está controlada por corrientes eléctricas, agentes químicos y oscilaciones (Braidot, 2005). Es por esto, que la ciencia continuará esforzándose por desvelar su funcionamiento y con ello encontrar las claves del comportamiento humano.

#### **2.1.4 DIFERENCIAS ANATÓMICAS Y FUNCIONALES DEL CEREBRO HUMANO, POR GÉNERO**

Basta observar el cuerpo de un hombre frente al de una mujer para darnos cuenta del sinnúmero de diferencias que albergan. No obstante, su diferencia no se restringe a la parte corporal. A lo largo de los años diversas investigaciones en este campo han evidenciado diferencias en el ámbito conductual, morfológico, fisiológico, etc. Diferencias éstas que se han consolidado en el término “Dimorfismo Sexual”.

Según los estudios de Goy y McEwen (1980), el Dimorfismo Sexual se resume como todas las “diferencias cualitativas y cuantitativas en estructura y función entre machos y hembras”, sugiriendo tanto diferencias funcionales como conductuales derivadas del género.

En el cerebro, el órgano más complejo del cuerpo humano, el dimorfismo se manifiesta en primera instancia en la época prenatal, cuando comienza la formación de encéfalos femeninos o masculinos debido a la acción hormonal que ejercerá efectos permanentes en el sistema nervioso central en la edad adulta.

La primera pista de dimorfismo cerebral, se encuentra en la corteza. Numerosos estudios señalan que la densidad neuronal en la corteza masculina es más alta y cuenta con un mayor diámetro craneal, mientras que en las mujeres se evidencia un incremento recíproco de neuropilo<sup>3</sup> y de procesos neuronales. (Parra, et al., 2009).

Una de las áreas con un dimorfismo más acentuado es la corteza del lóbulo temporal, principalmente la del hemisferio izquierdo. Esta región es más ancha y larga en los cerebros masculinos que en los femeninos y curiosamente ahí se encuentra el área de Wernicke o “área sensitiva del lenguaje”. En esta misma línea, se ha encontrado una mayor arborización dendrítica en mujeres que en hombres, en áreas de lenguaje como las áreas de Wernicke y Broca. (Guyton & Hall, 2006).

En contraste con lo anterior, estudios como el de Davtzikos (1998), han demostrado que la región cortical menos dimórfica es la del lóbulo occipital, puesto que en esta región existen pocos receptores a hormonas esteroides.

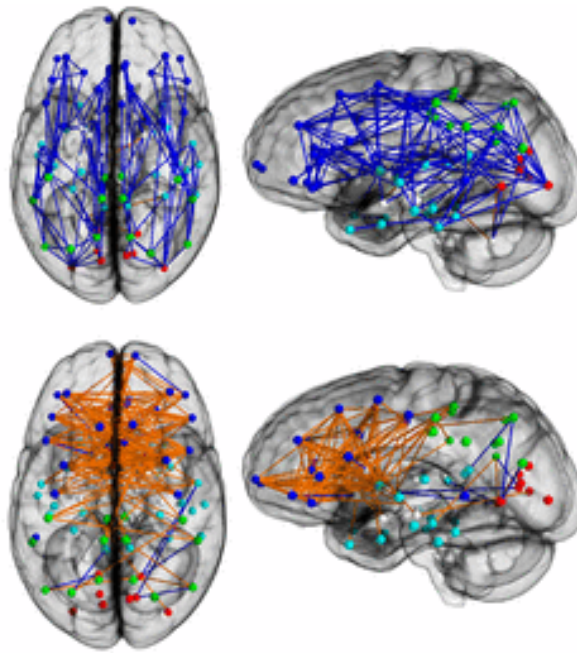
En relación con el cuerpo calloso, utilizando una prueba de cognición en 114 individuos, Davatzikos y Resnick (1998) obtuvieron correlaciones entre el tamaño del esplenio y un mejor desempeño de la cognición. Este estudio, luego validado por otros investigadores, sugirió que las mujeres presentan un mayor tamaño del cuerpo calloso, lo cual supone una mayor facilidad para la transmisión interhemisférica. En contraste, en hombres, el mismo estudio demostró que aunque el cuerpo calloso sea más grande esto no influye en los resultados de la cognición, lo cual sugiere una mayor lateralización y la especialización de cada uno de los hemisferios.

---

<sup>3</sup> El neuropilo es el denso entramado de terminaciones axónicas, dendritas y prolongaciones de células de la neuroglia, que se encuentra en la materia gris del cerebro y la médula espinal. Es en el neuropilo, el cual no incluye los cuerpos de las neuronas (somas), donde ocurren la mayor parte de las conexiones sinápticas entre los teledendrones de los axones y las dendritas. No se considera a la materia blanca, la cual está compuesta sólo por axones y células de sostén, parte del neuropilo. FUENTE: Diccionario de Medicina. Real Academia Nacional de Medicina, 2015.



**FIGURA 2.6**  
*Análisis de Conexión Cerebral por Género*



*Las conexiones cerebrales muestran una mayor conectividad en hombres (parte superior) que en mujeres (parte inferior). Las conexiones Intrahemisféricas están señaladas en azul y las interhemisféricas en naranja. Los colores de los puntos indican la localización de las conexiones, así: Azul claro: Lóbulo Frontal. Púrpura: Lóbulos Temporales. Verde: Lóbulo Parietal. Rojo: Lóbulo Occipital. Blanco: Areas Subcorticales. Traducción Propia. FUENTE: Ingahlalikara, et al., 2013.*

De otra parte, puede decirse que la mayoría de estructuras sexualmente dimórficas del cerebro pertenecen al sistema límbico, y que la mayoría de los circuitos dimórficos del cerebro están muy relacionados con el hipotálamo, especialmente en el área preóptica y la zona ventromedial. (Pallarés, 2013).

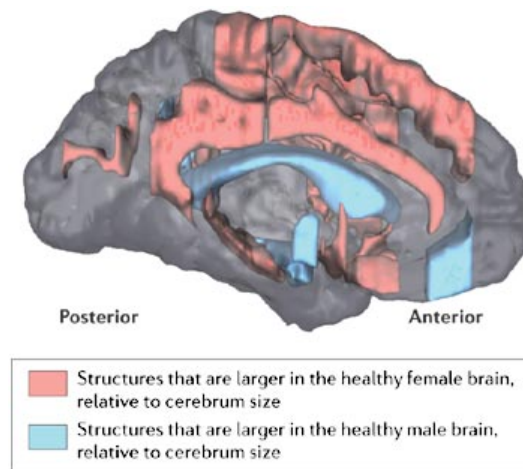
Estudios realizados demuestran que el hipocampo es más grande en hembras que en varones, contrariamente a la amígdala. Este hecho sumado a la mayor amplitud del cuerpo calloso y de la comisura anterior en el cerebro femenino ha proporcionado la base para atribuir a las mujeres una mayor comprensión para el juicio de las emociones, ya que es precisamente la comisura anterior la que une regiones del sistema límbico. (Goldstein, et al., 2001).

Así mismo, datos recientes sugieren que existe una relación entre el manejo de las emociones y el tamaño de la corteza orbitofrontal y la amígdala entre sexos, siendo esta última mayor en hombres en lo que respecta al volumen, área, peso y número celular (principalmente en la amígdala medial), a diferencia de la corteza orbitofrontal, la cual es de mayor tamaño en mujeres.

La respuesta a una experiencia desagradable, en la amígdala, difiere entre hombres y mujeres. En hombres, se evidencia una respuesta en la amígdala derecha y una atracción especial por las características centrales del estímulo, mientras que en las mujeres hay una respuesta en la amígdala izquierda, sugiriendo un recuerdo mayor del contexto. (Cahill, 2006).

*FIGURA 2.7*

*Diferencias de tamaño de las Estructuras Cerebrales según el Género*



*FUENTE: Cahill, 2006.*

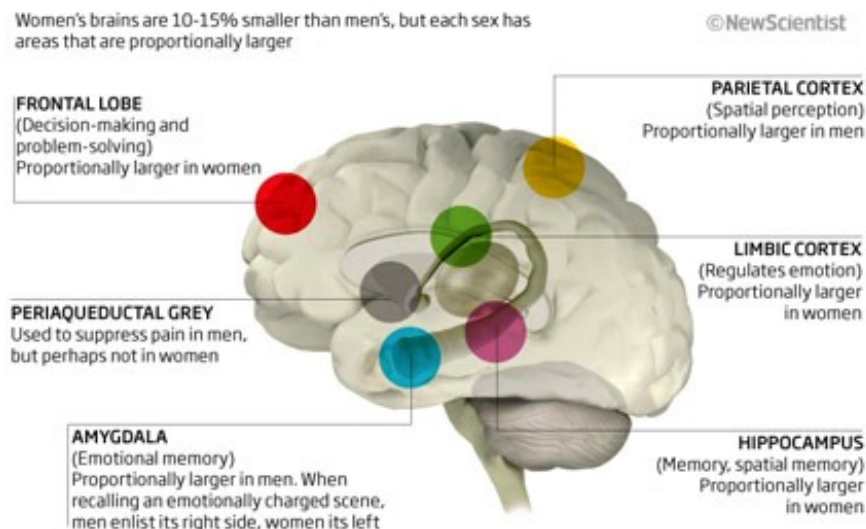
Las mujeres también presentan una mayor activación de regiones mesolímbicas, incluyendo el núcleo accumbens, lo que implica una mayor respuesta del circuito de recompensa y posiblemente menos expectativa de beneficios. (Cahill, 2006).

Un resumen de las diferencias de género representadas en el cerebro, puede encontrarse en el estudio de Jill Goldstein (2001), quien midió y comparó 45 regiones del cerebro en hombres y mujeres sanos. Su estudio sugiere que partes del lóbulo frontal que alberga la toma de decisiones y las funciones de resolución de problemas son proporcionalmente mayores en las mujeres, así como la corteza límbica, en la que tiene lugar la regulación de las emociones.

En esta misma línea, estudios similares señalan que el hipocampo involucrado en la memoria a corto plazo y la navegación espacial, es proporcionalmente mayor en las mujeres que en los hombres y evidencia que en los hombres, las áreas proporcionalmente más grandes incluyen la corteza parietal, que procesa las señales de los órganos sensoriales y está involucrada en la percepción del espacio y la amígdala, que controla las emociones y el comportamiento social y sexual (Hoag, 2008) .

FIGURA 2.8

*Principales Diferencias Funcionales del Cerebro por Género*



FUENTE: Hoag, 2008.

La incidencia del dimorfismo cerebral en ámbitos más específicos como el procesamiento de las emociones y su regulación de las mismas, así como en la toma de decisiones se analizará en apartados posteriores. De momento, se concluirá el presente apartado acudiendo a las palabras de Dr. Rubia (2007), que señala: “puede decirse que hombres y mujeres se comportan de manera diferente, y este comportamiento se refleja en su conducta cognitiva, y es muy probable que se deba a las diferencias biológicas entre ambos sexos y a las diferencias en su organización cerebral”.

## **2.2 TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN NEUROLÓGICA**

La actividad neurológica del ser humano puede ser monitorizada mediante diversas técnicas y/o métodos. La principal distinción entre estos, se centra en la capacidad de obtención de imágenes detalladas del sistema nervioso, por lo cual, podemos encontrar Técnicas de Neuroimagen y Técnicas de tipo electromagnético.

Así mismo, podemos distinguir entre las Técnicas Estructurales o Anatómicas y las Técnicas Funcionales. Las primeras, nos permiten visualizar la morfología del cerebro, mientras que las segundas, registran los cambios de la actividad cerebral, tanto electromagnéticos como metabólicos, producidos por la manipulación de variables conductuales. (Vendrell, et al., 1995).

En este documento se hará en primer lugar un análisis de las técnicas de Neuroimagen, tanto estructurales como funcionales, para finalmente analizar las Técnicas de Medición de la Actividad Eléctrica Cerebral, sin que esto sugiera ningún tipo de preponderancia para ninguna de las técnicas.

### **2.2.1 TÉCNICAS DE NEUROIMAGEN**

El advenimiento de la Neuroimagen, ha representado un increíble impacto en la neurociencia cognitiva, pues ha abierto la puerta a al cerebro humano dándonos con ello la posibilidad de desvelar los procesos que subyacen al comportamiento del hombre. (Perrachione & Perrachione, 2008).

Para poder tomar una imagen del interior de cualquier objeto sin que este sufra daños es necesario llegar a su interior a través de ondas. Ya sea por reflejo (ultrasonidos), por absorción y transmisión (TC) o por emisión desde el interior (RM - PET) e intentar captar la modificación producida en la onda (en su fase, frecuencia o amplitud). El análisis de la onda enviada nos informa de lo que ésta se ha encontrado a su paso. (Maestú, et al., 2008).

En el análisis neurológico del cerebro, con cualquiera de las técnicas disponibles, se analizan tres variables:

- Localización, mediante la cual se identifica qué partes del cerebro son necesarias o suficientes para ejecutar comportamientos o habilidades;
- Conectividad, que revela las conexiones o caminos necesarios para que diferentes regiones del cerebro trabajen juntas para procesar una información, y
- Representación, que examina el proceso de codificación llevado a cabo para almacenar la información procesada.

Los factores más importantes a considerar cuando se evalúa la utilidad de una técnica son tres:

- La resolución temporal, que se refiere a la capacidad para detectar fenómenos dinámicos que cambian en el tiempo.
- La resolución espacial, que se relaciona con la sensibilidad de la técnica para detectar dimensiones pequeñas y finalmente,
- El grado de invasividad, que indica la necesidad o no de inyectar alguna sustancia al organismo, practicar incisiones, hacer cortes o producir lesiones.

Es importante resaltar que cuanto más específico se requiera el estudio, más avanzado (en términos tecnológicos) ha de ser el método a utilizar o en su defecto tendrá que hacerse uso de técnicas con un mayor grado de invasividad.

Conceptualmente, las técnicas de imagen cerebral pueden clasificarse de acuerdo con la electricidad y campo magnético asociado a la señal neuronal y las manifestaciones metabólicas monitorizadas (Plassmann, et al., 2007).

Desde un punto de vista pragmático, las técnicas de Neuroimagen, pueden clasificarse en dos tipos: las técnicas estructurales y las funcionales, diferentes entre sí por el tipo de información aportada por cada técnica. Mientras las técnicas estructurales permiten concretar la localización de una lesión o los efectos de una enfermedad, las técnicas funcionales, permiten identificar qué áreas o regiones cerebrales se activan al realizar una determinada tarea cognitiva.

En términos coloquiales, puede decirse que las técnicas estructurales nos proporcionan una serie de fotografías estáticas del cerebro, mientras que las técnicas funcionales, nos dar acceso a una especie de vídeo en el que es posible visualizar la activación cerebral de un sujeto mientras realiza una tarea cognitiva.

### **2.2.1.1 TÉCNICAS ESTRUCTURALES**

Las técnicas estructurales, son aquellas que permiten visualizar la anatomía del cerebro. Entre ellas se distinguen:

#### **2.2.1.1.1 TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA – TC**

La Tomografía Computarizada fue introducida por Godfrey Hounsfield en 1972, quien en su discurso de recepción del premio Nobel en 1979 afirmó en relación con este descubrimiento: “Podemos ver el cuerpo separado en una serie de cortes finos. Con ello, obtenemos virtualmente una información tridimensional total del organismo. Su característica más destacable es su elevada sensibilidad, pues permite identificar con claridad tejidos blandos, algo imposible de conseguir hasta ahora con las radiografías” (Orrison, 2001).

La TC es una exploración con rayos X que arroja como resultado una serie de imágenes detalladas de cortes axiales del cuerpo humano y a diferencia de las radiografías convencionales obtiene múltiples imágenes al tener la capacidad de rotar alrededor del cuerpo.

En la TC, una fuente o tubo de rayos X y un detector de rayos X son ubicados en forma de anillo circular en torno a un paciente que se encuentra sobre una mesa motorizada que se mueve a través de la máquina.

Los detectores de rayos X pueden rotar con en conjunción con el tubo de rayos X o pueden mantenerse estáticos en un círculo de 360 grados alrededor de la superficie a

examinar. Estos detectores son más sensibles que la película de rayos X, siendo capaces de detectar variaciones de densidad del tejido blando tan pequeñas como de un 1%, mientras que las radiografías convencionales sólo detectan entre un 10% y un 15%.

Los datos de los detectores en esencia representan una serie de imágenes de rayos X tomadas desde distintos ángulos alrededor del paciente. Sin embargo, las imágenes no se ven directamente, sino que se envían a un ordenador, que empleando una técnica llamada retroproyección filtrada, reconstruye rápidamente en dos o tres dimensiones las imágenes (tomografías) que representan una parte del cuerpo en cualquier plano deseado.

La característica más importante del tejido que analiza el ordenador es la densidad. Para hacerlo, atribuye un valor de -1000 al aire, 0 al agua y +1000 al hueso compacto. A partir de esta escala, el ordenador asignará valores numéricos a las densidades recogidas por los detectores de rayos X, de tal forma que cuanto más radiación absorba un tejido, menos radiación será captada por los detectores y se le asignará un valor mayor.

Las zonas hipodensas, tales como el aire de los senos frontal y esfenoidal, el líquido cefalorraquídeo y la grasa, aparecerán entonces en color oscuro, mientras que las zonas hiperdensas como el hueso, las estructuras calcificadas o la hemoglobina, aparecerán en forma más clara (Orrison, 2001).

Con esta técnica es posible visualizar: el espacio subaracnoideo, ventrículos, ganglios basales, tálamo, cápsulas interna y externa, sustancia blanca y gris de los hemisferios cerebrales, cisura de Silvio y otros surcos corticales, y el hueso de la bóveda craneal. Con la administración de un contraste yodado también se pueden visualizar la hoz del cerebro, tienda del cerebelo, plexos coroideos, senos venosos duros, principales venas profundas y vasos sanguíneos mayores del cerebro (Román, 2011).

La TC es superior a la RM en la visualización de los detalles finos de hueso, la fosa posterior, la base del cráneo, y el conducto raquídeo. No obstante, su principal limitación se concentra en la iatrogenia (Efecto nocivo derivado de las radiaciones con



rayos ionizantes), que se suma a la baja resolución que presenta en comparación con otras técnicas de Neuroimagen.

#### **2.2.1.1.2 RESONANCIA MAGNÉTICA - RM**

La Resonancia Magnética Nuclear (RMN o RM) permite obtener imágenes tomográficas en cualquier dirección del espacio. Esta técnica permite un mayor contraste en tejidos blandos que la TC y, a diferencia de esta no utiliza radiaciones ionizantes.

En términos menos técnicos, este método de exploración se basa en la alineación magnética de partículas atómicas en los tejidos del cuerpo, bombardeadas con ondas de radio. Esto hace que las partículas emitan distintas señales de radio según el tipo de tejido del que se trate y mediante un sistema de software, la información es convertida en una imagen tridimensional denominada TC, que bien parece una radiografía grisácea de tejidos diferentes y claramente diferenciados. (Carter, 2002).

El principio de la RM es un fenómeno físico por el cual ciertas partículas como los electrones, protones y núcleos atómicos con un número impar de protones, neutrones o ambos, pueden absorber energía electromagnética de radiofrecuencia al ser colocados bajo un potente campo magnético (Román, 2010). En otras palabras, la Resonancia Magnética utiliza campos magnéticos y ondas de radio para producir imágenes de cortes de tejidos cerebrales (imágenes tomográficas).

Normalmente, los protones dentro de los tejidos cerebrales giran para producir pequeños campos magnéticos que se alinean al azar. Cuando el individuo está rodeado por el fuerte campo magnético de un dispositivo de resonancia magnética, los ejes magnéticos se alinean a lo largo de ese campo.

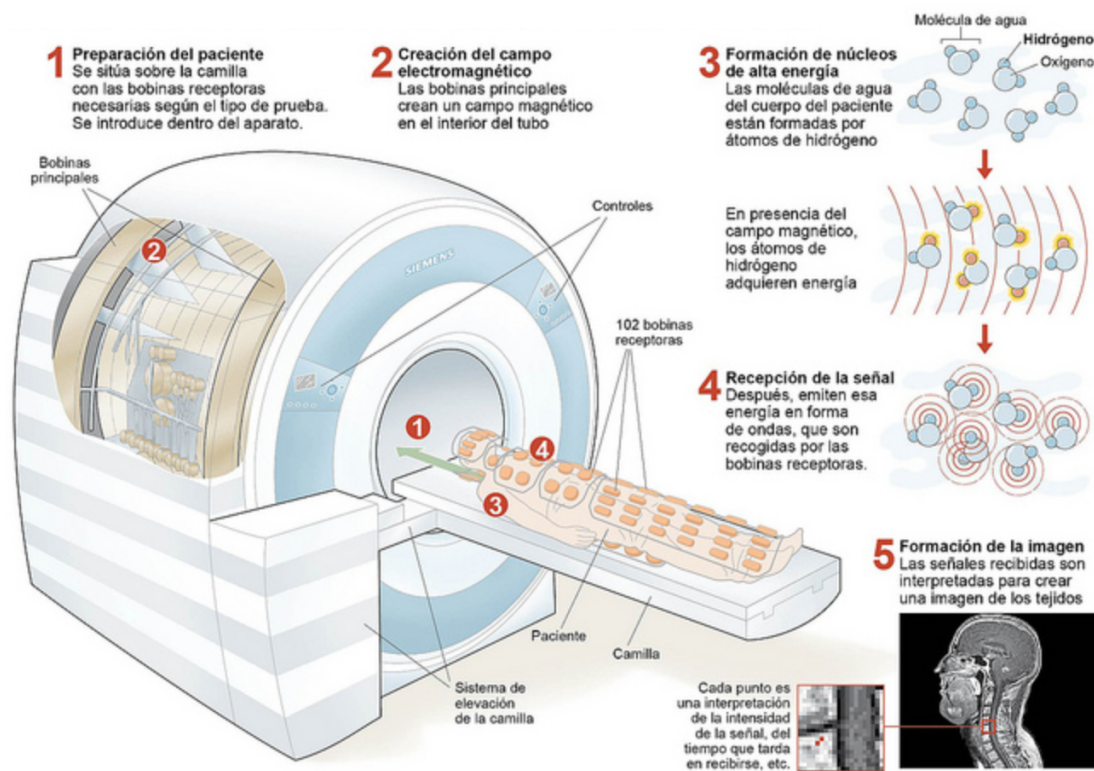
Durante la MRI, un pulso de radiofrecuencia se aplica, haciendo que los ejes de todos los protones se alineen momentáneamente sobre el campo en un estado de alta energía. Después del pulso, los protones se relajan y vuelven a su alineación inicial en el campo magnético del dispositivo de resonancia magnética. La magnitud y la

velocidad de liberación de energía que se produce cuando los protones se mueven, se registran gracias a una señal espacialmente localizada por una bobina (antena). Posteriormente algoritmos de computadora son usados para analizar estas señales y obtener imágenes anatómicas.

La intensidad relativa de la señal (brillo) de los tejidos en una imagen de resonancia magnética se determina por factores tales como el pulso de radiofrecuencia y el gradiente (grado de variación) de las ondas usadas para obtener la imagen, así como por las características intrínsecas de los tejidos y la densidad de protones del mismo.

FIGURA 2.9

*Esquema del Funcionamiento de la Resonancia Magnética*



FUENTE: Tomado de <http://www.farmamoraes.com/>

En la RM se miden básicamente dos parámetros: La constante de tiempo longitudinal (T1) y la constante de tiempo transversal (T2). T1 y T2 se encuentran relacionados con la rapidez o lentitud con la que se produce la relajación (liberación del exceso energético). Esta rapidez o lentitud depende del tipo de molécula en la que se encuentran inmersos los átomos de Hidrógeno. Desde un punto de vista pragmático puede decirse que la RM potenciada en T1 permite visualizar los líquidos en negro, mientras que en una imagen potenciada en T2 los líquidos aparecen en blanco (Román, 2011).

Una resonancia magnética proporciona una mejor resolución de las estructuras neurales que la TC. Esta diferencia es más significativa clínicamente para la visualización de los nervios craneales, lesiones del tronco cerebral, alteraciones de la fosa posterior, y la médula espinal.

### **2.2.1.2 TÉCNICAS FUNCIONALES**

Las técnicas de neuroimagen funcional permiten visualizar las zonas cerebrales discretas que se activan mientras se está realizando una tarea cognitiva u operación mental (Vendrell, et al., 1995). Entre las principales técnicas de Neuroimagen funcional encontramos:

#### **2.2.1.2.1 RESONANCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL - RMF**

La Resonancia Magnética es actualmente la técnica más usada en Neurociencia, especialmente en estudios funcionales y constituye una revolución en el estudio de la actividad cerebral, no sólo por su resolución espacial, muy superior a la de técnicas funcionales precedentes, y por su facilidad y exactitud para fusionar las imágenes funcionales con las estructurales, sino porque se trata de una técnica inocua, característica fundamental cuando se considera como método de investigación (Maestú, et al., 2008).

La Resonancia Magnética Funcional, captura la actividad metabólica del cerebro usando las propiedades magnéticas de la sangre con una extraordinaria resolución espacial. (Dimoka, 2010).

Esta técnica de neuroimagen, utiliza los principios generales que relacionan estrechamente la actividad neuronal con el metabolismo y el flujo sanguíneo. Puede registrar cambios hemodinámicos cerebrales que acompañan la activación neuronal y permite la evaluación funcional de regiones responsables de la sensorialidad, motricidad, cognición y procesos afectivos en cerebros normales y patológicos (Román, 2011).

Como ya se ha mencionado anteriormente, el funcionamiento cerebral se basa en un intercambio de estímulos eléctricos, que requieren un consumo de energía continuo, dado que la actividad cerebral no cesa. El cerebro debe producir permanentemente altas dosis de Adenosín Trifosfato (ATP), con el fin de posibilitar la transmisión de impulsos nerviosos.

Para poder funcionar, el cerebro utiliza grandes dosis de glucosa (120 g. de glucosa al día), de oxígeno (20% del total de oxígeno total consumido por el individuo) y de otras sustancias como vitaminas, aminoácidos y ácidos grasos, que son enviados a las neuronas vía perfusión sanguínea, ocasionando con ello incrementos en los flujos regionales del cerebro. Estos incrementos ocasionados por el consumo de oxígeno y/o glucosa, junto con los cambios en el volumen sanguíneo cerebral, se consideran parámetros indirectos de medición de la actividad cerebral.

En general se puede considerar que hay 3 modalidades de resonancia magnética funcional con las que puede obtener información funcional del cerebro, estas son:

- Secuencias BOLD (Blood Oxygenation Level Dependent)

Esta técnica se sustenta en la detección de los cambios locales que suceden en la oxigenación y el flujo sanguíneo cerebral, en respuesta a la actividad neuronal. (Rojas, 2010).

La adquisición de imágenes de FMRI asociada a procesos cognitivos es posible debido a tres factores: Que la actividad neuronal en una región específica produce un incremento en el flujo de oxihemoglobina en dicha área; Que la oxi- y la desoxi-hemoglobina tienen diferentes propiedades magnéticas; y Que los valores del tiempo de relajación T2\* dependen de las propiedades magnéticas del medio en el que se encuentran los núcleos de hidrógeno (Armony, et al., 2012).

Como es sabido, el oxígeno está unido a la hemoglobina, proteína sanguínea que lo transporta. La hemoglobina, se une también al anhídrido carbónico, por lo que el balance entre Deoxihemoglobina y Carboxihemoglobina refleja la actividad respiratoria celular.

Aprovechando que la Deoxihemoglobina es una sustancia paramagnética, que genera cambios locales en la homogeneidad del campo magnético, la RMF utiliza secuencias de estimulación que permiten detectar el aumento de Deoxihemoglobina en una determinada zona cerebral, lo cual se traduce en una mayor actividad metabólica en dicha zona.

La relación entre el aporte de Deoxihemoglobina como respuesta fisiológica al inicio de una tarea en determinada zona y el consumo efectivo de oxígeno es positiva, por ello, la mayor parte de Deoxihemoglobina que ha acudido a la zona demandada pasará a los capilares venosos sin haberse transformado en Carboxihemoglobina presentando un nivel anormalmente alto de Deoxihemoglobina, fenómeno conocido como “Arterialización de la Sangre Venosa”, del cual se vale la RMF para formar imágenes que reflejan la actividad cerebral. (Vendrell, et al., 1995).

De esta forma, las áreas con alta concentración de Oxihemoglobina presentarán una señal más alta y con ello imágenes con más brillo que aquellas de zonas con una baja concentración (Amaro & Barker, 2006).

En cuanto al tercer factor mencionado, debe decirse que en ausencia de un campo magnético externo, los spins<sup>4</sup> de los núcleos de hidrógeno apuntan en direcciones aleatorias, por lo que la suma vectorial es cero y, por ende, el momento magnético total de la muestra es nulo (Armony, et al., 2012).

Al colocarse la muestra en un campo magnético B0, los spins tienden a alinearse en la dirección de éste, generando así un momento magnético neto en dirección del campo externo (longitudinal).

Un breve pulso electromagnético B1 en dirección perpendicular a B0 inclina los spins al plano perpendicular reduciendo el momento magnético total longitudinal a cero. Al apagar el campo B1 los spins retornan gradualmente a su posición original, recuperándose de esta manera la magnetización en la dirección del campo externo B0, proceso que se denomina relajación longitudinal o T1. (Armony, et al., 2012).

En contraste, al apagar el campo B0, la coherencia entre spins se va perdiendo por las interacciones entre núcleos vecinos, mediante un proceso de relajación transversal o T2. Este proceso de relajación tiene una constante de tiempo que depende del medio en el que se encuentran los spins (Armony, et al., 2012). La adquisición de imágenes del tipo T2 permite obtener una imagen anatómica del cerebro complementaria a la que se obtiene mediante la relajación longitudinal o T1.

- Técnicas de Difusión

Estas técnicas, permiten evaluar el estado del tejido cerebral a partir de los movimientos de difusión de las moléculas del agua (debidos a los movimientos brownianos) de manera no invasiva.

En otras palabras, esta técnica no invasiva, nos permite visualizar y analizar el cerebro, en tres dimensiones y a color, detallando la distribución de la sustancia blanca, así como los tractos neurales, encargados de conectar el cerebro con distintas partes del cuerpo. Permite conseguir una representación de la anatomía del cerebro,

---

<sup>4</sup> El spin se refiere a una propiedad física de las partículas subatómicas, por la cual toda partícula elemental tiene un momento angular intrínseco de valor fijo. El electrón es poseedor de una carga eléctrica negativa y al girar el electrón sobre su propio eje genera un campo magnético que se denomina spin. (Franco, 2015)

con base en la movilidad de la molécula de agua y cuantificar la movilidad de las moléculas de agua dentro del axón de la neurona para tener datos representativos de su capacidad funcional.

Entre las principales técnicas de difusión están: los mapas de difusión, los la tensores de difusión y tractografía por difusión.

- Técnicas de Perfusión

Se trata de técnicas de RMF que permiten calcular el flujo sanguíneo cerebral. Los métodos más utilizados en la actualidad son la Imagen de Perfusión y el “Arterial Spin Labelling”.

El Efecto BOLD, es la técnica más usada en la actualidad en el entorno investigador, para obtener imágenes de RMF. En general, se efectúa una adquisición de imágenes secuenciales mientras el sujeto experimental realiza una serie de tareas que suelen constar de un tiempo de ejecución y un tiempo de reposo. Estas imágenes (ejecución - reposo) son comparadas y con base en sus diferencias y en las variaciones de intensidad en las zonas de interés, puede construirse un mapa de activación cerebral. (Maestú, et al., 2008).

Así pues, la RMF es una técnica de gran importancia por cuanto permite estudiar la activación cerebral en tiempo real y a pesar de tener una limitación temporal para captar sucesos neurales como los que detectan el EEG o el MEG, que pueden registrar eventos de la magnitud real de los acontecimientos eléctricos del cerebro, del orden de los milisegundos. (Vendrell, et al., 1995), parece claro que [la RMF] posee una resolución espacial y temporal sin precedentes como herramienta para evaluar la función encefálica *in vivo* y tiene una utilidad incalculable en la localización tridimensional de los centros de procesamiento del encéfalo humano. (Orrison, 2001).

### 2.2.1.2.2 TOMOGRAFÍA POR EMISIÓN DE POSITRONES - TEP / PET

EL TEP o PET por sus siglas en inglés, es un tipo de gammagrafía<sup>5</sup> muy utilizada mucho en las investigaciones biopsicológicas porque proporciona imágenes de la actividad cerebral, más que de su estructura.

Es una técnica no invasiva de diagnóstico por imagen capaz de medir la actividad metabólica de los diferentes tejidos del cuerpo humano, especialmente del sistema nervioso central. Al igual que el resto de técnicas diagnósticas en Medicina Nuclear, la TEP se basa en detectar y analizar la distribución que adopta en el interior del cuerpo un radioisótopo administrado a través de una inyección. (Román, 2010).

En una de las modalidades más frecuentes de la TEP se inyecta 2-desoxiglucosa (2-DG) radioactiva en la arteria carótida del paciente (una arteria del cuello que irriga el hemisferio cerebral homolateral). Dada su semejanza con la glucosa, principal carburante del cerebro, la 2-desoxiglucosa es absorbida rápidamente por las neuronas activas (las que están consumiendo energía). Sin embargo, a diferencia de la glucosa, la 2-desoxiglucosa no puede ser metabolizada, sino que se acumula en las neuronas activas hasta que es degradada gradualmente. (Maestú, et al., 2008).

Cada exploración por TEP es una imagen de los niveles de radioactividad de diversas partes del cerebro, a un nivel horizontal. Por lo general, se exploran varios niveles distintos del cerebro con el fin de poder determinar mejor el alcance de la actividad cerebral.

La posibilidad de poder identificar, localizar y cuantificar el consumo de glucosa por las diferentes células del organismo, ofrece un arma de capital importancia al diagnóstico médico, puesto que muestra qué áreas del cuerpo tienen un metabolismo glucídico elevado. Esto es, que permite localizar los focos de crecimiento celular anormal en todo el organismo, en un solo estudio e independientemente de la localización anatómica donde asiente la neoplasia (primaria o metastásica), ya que la TEP no evalúa la morfología de los tejidos, sino su metabolismo. (Orrison, 2001).

---

<sup>5</sup> La Gammagrafía es una técnica radiológica que registra la radiación gamma emitida por un órgano al que previamente se ha administrado una sustancia emisora de esta radiación.



La TEP llega a un resultado similar al de la RMF. Si se mide el consumo de combustible identifica las áreas del cerebro que están trabajando más. Las imágenes producidas son muy claras, pero no consiguen la alta resolución de una RMF, además de presentar un serio inconveniente relacionado con la invasividad puesto que es preciso inyectar un marcador radioactivo en la corriente sanguínea del paciente. (Carter, 2002).

La TEP ha sido capaz de recoger la experiencia de de las técnicas de registro del flujo sanguíneo cerebral regional (FSCr) y de los avances tecnológicos en neuroimagen. No obstante, su introducción en el campo de la investigación es lento debido a su alto coste y las dificultades tecnológicas que alberga.

#### **2.2.1.2.3 TOMOGRAFÍA POR EMISIÓN DE FOTÓN ÚNICO - SPECT**

La tomografía por emisión de fotón único (Single Photon Emission Computerized Tomography - SPECT) es una técnica que ha mostrado un creciente interés en Neurología, ya que proporciona información funcional y metabólica y permite el estudio de imágenes por la administración de un radiofármaco (radioisótopo), usualmente por vía intravenosa o inhalatoria. Estas sustancias siguen distintas rutas metabólicas y de difusión en el organismo, de manera que son captadas específicamente por diferentes órganos y tejidos, a la vez que son capaces de emitir radiación gamma que se detecta mediante una cámara gamma. (Román, 2010).

A pesar de ser capaz de proveer imágenes en 3D, esta técnica cuenta con varias limitaciones como la necesidad de usar un sistema especial de rotación rápida alrededor del paciente, la pobre resolución espacial, y la presencia de artefactos debido a radioisótopos presentes en la nasofaringe, cuando se administra el radioisótopo por vía inhalatoria.

## **2.2.2 TÉCNICAS DE MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD ELÉCTRICA CEREBRAL**

Para hablar de las técnicas relacionadas con la electricidad y los campos magnéticos, es preciso recordar que las neuronas funcionan a partir de impulsos eléctricos, que son enviados a lo largo de los axones, logrando una conexión denominada sinapsis y para que esta conexión pueda llevarse a cabo, se segregan sustancias químicas conocidas como neurotransmisores.

Las conexiones sinápticas, generan campos magnéticos que penetran los tejidos del cerebro que intervienen en la acción, los huesos del cráneo e incluso la piel de la cabeza y campos de compensación, que igualmente generan tensiones medibles en el cuero cabelludo. Así pues, la actividad de miles de millones de neuronas, produce diferentes campos eléctricos, detectables mediante diversos mecanismos, a saber:

### **2.2.2.1 ELECTROENCEFALOGRAMA - EEG**

Es el registro gráfico en el que se traza el potencial eléctrico que producen las células cerebrales, que se detecta mediante una serie de electrodos colocados el cuero cabelludo, capaces de amplificar en alta calidad la señal eléctrica percibida. Las ondas cerebrales resultantes se denominan ritmos alfa, beta, delta y theta, según la frecuencia con la que se produzcan.

El tiempo de resolución de una EEG, depende de la capacidad del hardware usado para la transmisión de la información, sin embargo, por lo general registra la actividad detectada en lapsos de entre 1 y 3 milisegundos.

Sus ventajas se concentran en su tecnología no invasiva y silenciosa. La última versión de EEG toma referencias de varias docenas de sitios distintos y las compara entres sí, construyendo de ese modo una imagen de la actividad según va variando por el cerebro. (Maestú, et al. 2008).

### **2.2.2.2 POTENCIALES EVOCADOS - ERP**

Los Potenciales Evocados, potenciales evento-relacionados o ERP's (Event Related Potential), son una técnica mediante la cual se registran ondas cerebrales evocadas o inducidas selectivamente por algún evento o por la aplicación de algún estímulo.

Los potenciales evocados siguen el mismo procedimiento de un EEG por lo cual tienen una alta resolución temporal, puesto que informan en tiempo real de la actividad eléctrica cortical que se produce durante el procesamiento mismo de la información. Por este motivo, son ampliamente utilizados hoy día en el estudio de las funciones cerebrales.

La utilización de esta herramienta puede servir para analizar patrones cerebrales asociados a determinadas tareas puesto que su hipótesis de base es que los ERP's son la manifestación de procesos psicológicos específicamente puestos en juego para procesar los acontecimientos/eventos que los generan o activan.

### **2.2.2.3 MAGNETOENCEFALOGRAMA - MEG**

El MEG es una técnica no invasiva que registra la actividad funcional cerebral, mediante la captación de campos magnéticos, permitiendo investigar las relaciones entre las estructuras cerebrales y sus funciones. La posibilidad de dichos registros viene determinada por la actividad postsináptica neuronal y por la activación sincrónica de millones de neuronas, lo que genera una actividad cerebral uniforme, diferenciada y localizada, capaz de ser registrada mediante el magnetómetro. (Román, 2011).

Esta técnica, permite valorar en milisegundos la actividad cerebral y organizar mapas funcionales cerebrales con delimitación de la estructura cerebral en espacio de pequeños centímetros, e incluso, milímetros cúbicos<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Fragmento de definición tomado de <http://www.magnetoencefalograma.com>.

El MEG se parece a la EEG en que recoge señales de la oscilación neuronal, pero lo hace registrando el ínfimo pulso magnético que las neuronas emiten, en vez de los potenciales eléctricos. Ofrece una mayor resolución espacial que el EEG, pero su desventaja radica en que la actividad del campo magnético del cerebro es muy débil y el MEG es extremadamente sensible al ruido externo.

### **2.2.3 TÉCNICAS DE ESTIMULACIÓN CEREBRAL**

La estimulación eléctrica cortical ha ayudado a diseñar un mapa cortical en el que se pueden representar y localizar las diversas funciones cognitivas.

La principal técnica de estimulación cerebral en la Estimulación Magnética Transcraneal, que permite conocer la distribución anatómica de las funciones cerebrales con una gran resolución espacial y temporal (López-Ibor, et al., 2008), y además posibilita la activación o la interferencia de estas funciones.

Se trata de una técnica no invasiva de estimulación de la corteza cerebral, que consiste en la despolarización selectiva de aquellas neuronas del neocortex o corteza cerebral, ubicadas entre 1,5 y 2 cm por debajo del cráneo, mediante pulsos magnéticos de intensidades específicas, únicos o regulares repetitivos. (Maestú, 2008).

**TABLA 2.3**  
**Comparativa de las Principales Técnicas de Exploración Neurológica**

<b>Técnica de Exploración</b>	<b>EEG</b>	<b>MEG</b>	<b>TEP</b>	<b>RM / RMF</b>
¿Qué Mide?	Fluctuaciones Eléctricas	Fluctuaciones Magnéticas	Cambios en el Metabolismo	
Invasividad	No Invasiva	No Invasiva	Invasiva	No Invasiva
Resolución Temporal	Muy Buena	Muy Buena	Limitada	Limitada
Resolución Espacial	Limitada	Limitada	Buena	Muy Buena
Coste Recolección de Información	Medio	Alto	Alto	Alto
Complejidad del Análisis de la Información	Moderada	Moderada	Alta	Alta

*FUENTE: Tomado de Plassmann, et al., 2007. Traducción propia.*

## **2.3 TOMA DE DECISIONES Y COMPORTAMIENTO DEL CONSUMIDOR. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.3.1 COMPORTAMIENTO DEL CONSUMIDOR. TEORÍAS Y MODELOS.**

Al hablar de comportamiento del consumidor, hablamos del estudio de los individuos, grupos u organizaciones y los procesos que utilizan para seleccionar, asegurar, usar y disponer de productos, servicios, experiencias o ideas para satisfacer sus necesidades y los impactos que estos procesos tienen sobre el consumidor y la sociedad (Perner, 2011).

En este orden de ideas, el comportamiento del consumidor alberga el análisis de todas aquellas variables que puedan darnos pistas sobre la forma en que los consumidores afrontan la satisfacción de sus necesidades.

En un principio, el ámbito de las necesidades se ceñía a un renglón básico y se restringía a la producción de las empresas existentes, por lo cual, la tarea del consumidor se antojaba más sencilla y la disciplina del comportamiento del consumidor sólo se preocupaba por saber la decisión de comprar o no un producto.

Años más tarde, con el advenimiento de fenómenos como las economías de escala, la internacionalización y la globalización, la tarea del consumidor se ha tornado más compleja y con ello se ha complicado también la labor de la disciplina que le analiza.

Para poder comprender el comportamiento de los consumidores frente a una decisión de compra, primero hay que entender que este proceso alberga cuatro sub-procesos determinantes que son: Motivación, Percepción, Aprendizaje y Memoria. (Kotler & Armstrong, 2007).

Si bien, fisiológicamente es posible determinar la forma en que estos sub-procesos se llevan a cabo dentro de los individuos, las situaciones, el entorno y el perfil psicológico de cada individuo le llevan a afrontar el proceso de decisión de forma diferente.

Con el fin de esclarecer un poco la situación, se han postulado a través del tiempo, una serie teorías básicas en relación con el comportamiento del consumidor. Para facilitar su comprensión, éstas se han dividido en tres vertientes, así:

### **Teorías Cognitivas:**

- Teoría Económica. Según esta teoría los consumidores persiguen la maximización de la utilidad esperada en los intercambios que realizan según sus restricciones presupuestarias (Von Neumann & Morgenstern, 2007). En la vertiente de la teoría económica se ubican otras teorías
- Teoría de la Racionalidad Limitada. Basada en los estudios de Simon (1955, 1957), señala que la racionalidad humana está limitada por la memoria y la capacidad de cálculo, por lo cual el ser humano busca niveles de satisfacción en lugar de maximizar utilidades.
- Teoría de la Disonancia Cognitiva. Esta teoría planteada en 1957 por Leon Festinger plantea que al percibirse una incongruencia entre las actitudes, opiniones, conocimientos y/o valores, el individuo se ve automáticamente motivado para generar ideas y creencias nuevas que reduzcan la tensión hasta conseguir que el conjunto de sus ideas y actitudes encajen entre sí, constituyendo una cierta coherencia.

### **Teorías Psico-sociales:**

- Teoría Psicoanalítica. Esta teoría se basa en la teoría del psicoanálisis de Sigmund Freud según la cual el comportamiento se guía por motivaciones profundas, inconscientes y de difícil comprensión (Assael, 1999). Según esta teoría, la personalidad está conformada por tres componentes: id, ego y superego que interactúan para dar lugar a los comportamientos del consumidor.
- Teoría Social o Sociológica. Según la teoría sociológica, la principal razón que guía el comportamiento de las personas es su necesidad de integración al grupo social (Veblen, 2005), de esta forma adoptan ciertos comportamientos de consumo con el

objetivo de integrarse a un grupo social, de parecerse a los individuos de su grupo de referencia o evitar las del grupo no deseado.

- Teoría de la Motivación. La teoría de la motivación sostiene que el hombre tiene dos clases de necesidades: las necesidades animales, que le permiten evitar acontecimientos dolorosos y las necesidades humanas que le permiten desarrollarse psicológicamente. Así las cosas, el hombre es feliz cuando logra satisfacer estas dos necesidades (Herzberg, 1966, 2003).

#### **Teorías Actitudinales o Conductuales:**

- Teoría del Aprendizaje. De acuerdo con esta teoría, basada en los trabajo de Pavlov y Bechtereov, los consumidores se comportan de acuerdo al aprendizaje obtenido en experiencias pasadas. Existen dos enfoques sobre el proceso de aprendizaje del consumidor: el conductual, que señala que el aprendizaje consiste en la formación de asociaciones entre estímulos y respuestas y el cognitivo, que contempla el aprendizaje como un proceso de solución de problemas.
- Teoría de la Acción Razonada. De acuerdo con esta teoría, propuesta por Martin Fishbein e Icek Ajzen (1975, 1980), para predecir el comportamiento lo más importante es determinar la actitud de la persona en relación con ese comportamiento puesto que las intenciones de comportamiento de un individuo siguen de forma razonable sus creencias. (Fishbein & Ajzen, 2005).



**TABLA 2.4**  
*Clasificación de las Teorías del Comportamiento del Consumidor*

TEORÍAS COGNITIVAS	TEORÍAS PSICO-SOCIALES	TEORÍAS ACTITUDINALES O CONDUCTUALES
<b>Teoría Económica. Economistas Clásicos.</b> Los consumidores persiguen la maximización de la utilidad esperada	<b>Teoría Psicoanalítica. Freud, 1923.</b> Motivaciones profundas e inconscientes guían el comportamiento del consumidor	<b>Teoría del Aprendizaje. Pavlov, 1927.</b> Los individuos se comportan de acuerdo con el aprendizaje obtenido en experiencias pasadas
<b>Teoría de la Racionalidad Limitada. Simon, 1955, 1957.</b> Racionalidad humana limitada por lo cual el individuo busca satisfacción, no maximización	<b>Teoría Sociológica. Burnkrant &amp; Cousineau 1975.</b> La necesidad de integración al grupo social guía el comportamiento del consumidor	<b>Teoría de la Acción Razonada. Fishbein &amp; Ajzen, 2005.</b> Las intenciones de comportamiento de un individuo siguen de forma razonable sus creencias
<b>Teoría de la Disonancia Cognitiva. Festinger, 1957.</b> Ante incongruencias, el individuo genera ideas para lograr coherencia	<b>Teoría de la Motivación. Herzberg, 1954, 2003.</b> Los individuos actúan para satisfacer sus dos tipos de necesidades (animales y humanas).	

FUENTE: Elaboración Propia

Continuando con los postulados de Kotler, los procesos psicológicos son fundamentales para comprender cómo los consumidores toman sus decisiones de compra (Kotler & Armstrong, 2007), de ahí la importancia de las teorías señaladas con anterioridad.

Estas teorías nos dan pistas de lo diferente que puede llegar a ser el comportamiento del consumidor ante una situación determinada y ante tal diversidad de opciones subyace la gran pregunta de los investigadores de mercado: ¿Cómo toman las decisiones los consumidores?

Responder a este interrogante, es sin duda una tarea ardua, en la que de hecho aún se está trabajando. No obstante, se tiene claro que el proceso de toma de decisiones implica una serie de tareas que pasan por la detección de una necesidad, la búsqueda

y selección de alternativas, la decisión de compra y la evaluación posterior de la misma. (Arellano, et al., 2013).

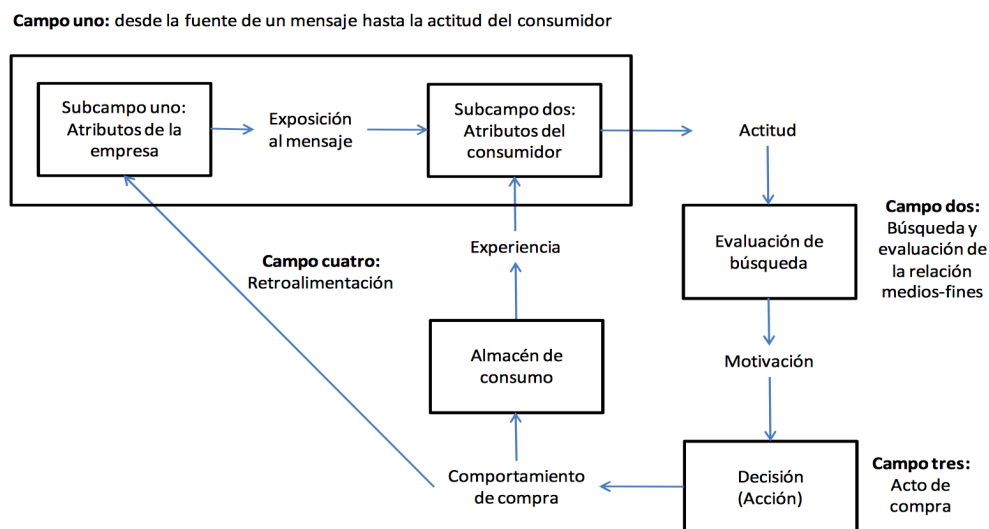
Los consumidores no siempre atraviesan las cinco etapas a la hora de tomar una decisión de compra, algunos se saltan determinadas fases y otros invierten su orden (Kotler & Armstrong, 2007). Por esto, numerosos investigadores se han dado a la labor de establecer modelos con el fin de comprender la forma en que los consumidores ejecutan el proceso de toma de decisiones de compra. Los principales modelos son:

### Modelo de Nicosia

El modelo de Nicosia, propuesto en 1966, se enfoca en el flujo de información entre la empresa y los consumidores y en la forma en que la empresa ejerce su influencia en los consumidores y viceversa. (Arellano, et. al., 2013). El modelo contiene cuatro campos: desde la fuente de un mensaje hasta la actitud del consumidor, búsqueda y evaluación de la relación medios-fines, acto de compra y retroalimentación y se describe un flujo circular en el cual cada componente da entrada al siguiente.

**FIGURA 2.10**

### *Modelo del Comportamiento del Consumidor de Nicosia*



FUENTE: Bustamante, 2013

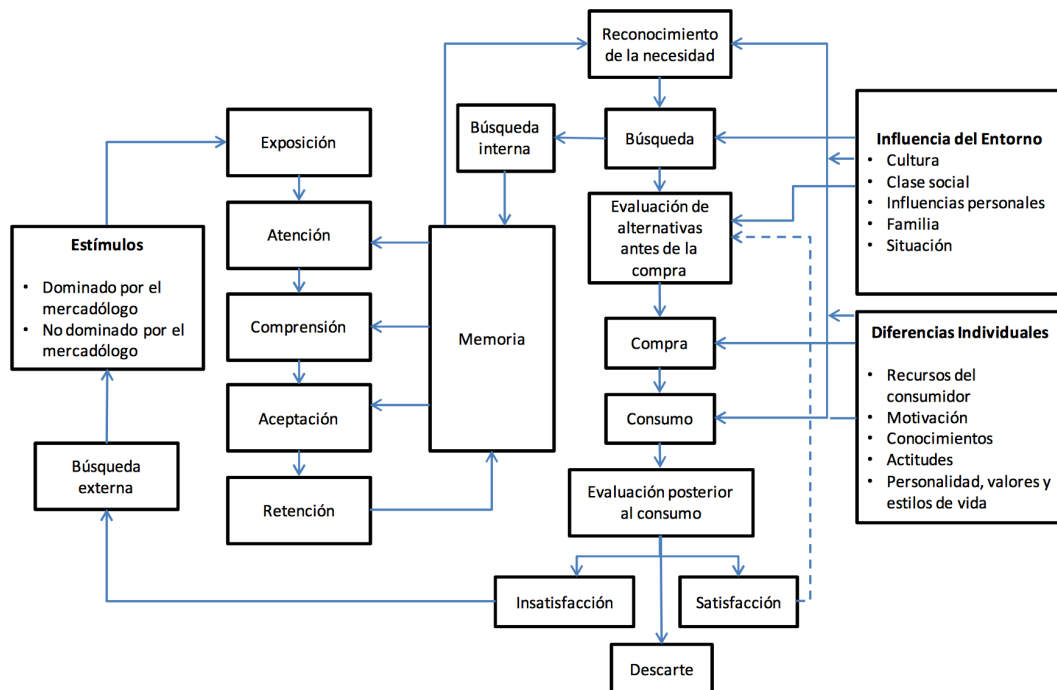
### Modelo de Engel, Kollat y Blackwell

Este modelo, propuesto en 1968 y posteriormente revisado por Miniard junto con Engel y Blackwell en 1990, se centra en la forma en que los individuos revisan hechos e influencias para tomar decisiones que les resultan lógicas y consistentes, y cómo ven influenciado su comportamiento por la interacción de diferentes fuerzas internas y externas.

Plantea que la toma de decisiones está influenciada por diferencias individuales (demografía, psicografía, valores, personalidad, recursos del consumidor, motivación, conocimientos y actitudes), influencias del entorno (cultura, clase social, familia, influencia y situación) y procesos psicológicos (procesamiento de la información, aprendizaje, cambios en la actitud y en el comportamiento).

FIGURA 2.11

*Modelo del Comportamiento del Consumidor de Engel, Kollat & Miniard*



FUENTE: Bustamante, 2013

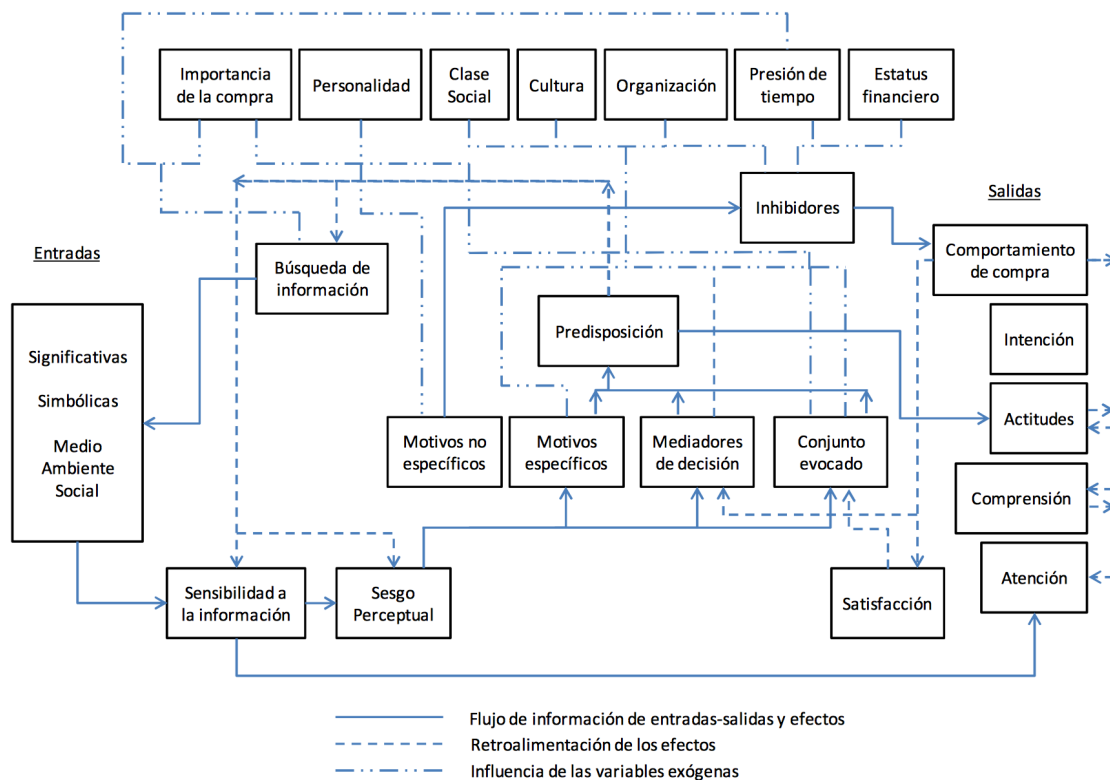
Igualmente sugiere que la toma de decisiones pasa por siete etapas: reconocimiento de la necesidad, búsqueda de información, evaluación de alternativas antes de la compra, compra, consumo, evaluación posterior al consumo y descarte (Blackwell, et al., 2002).

### Modelo de Howard - Sheth

Este modelo, propuesto por John A. Howard y Jagdish N. Sheth en 1969, basa el proceso de decisión de compra en cuatro elementos: estímulos (inputs), reacciones (outputs), variables endógenas también denominadas constructos hipotéticos del aprendizaje y percepción de la marca y variables exógenas relacionadas con el entorno y los estímulos en sí mismos.

FIGURA 2.12

*Modelo del Comportamiento del Consumidor de Howard - Sheth*



FUENTE: Bustamante, 2013

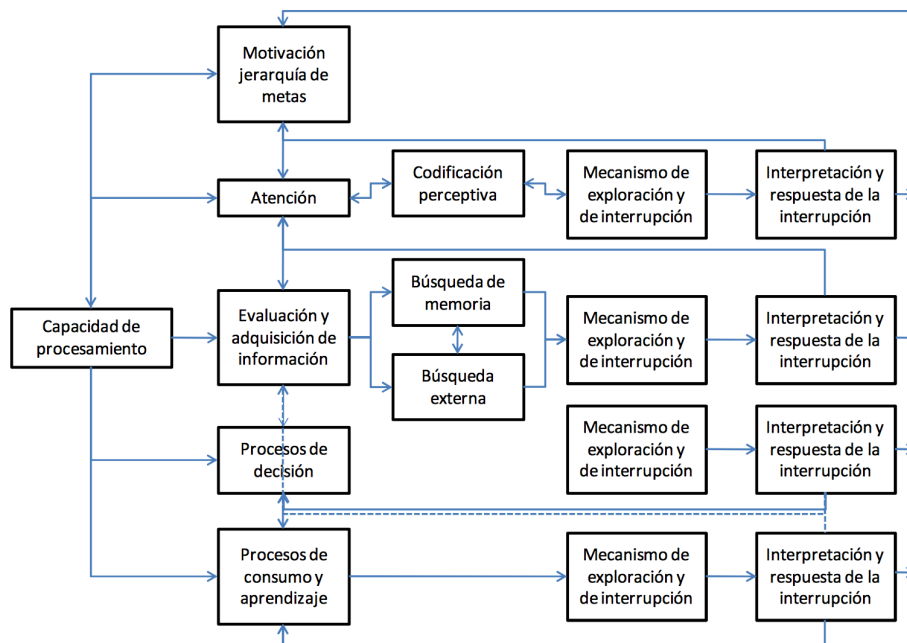
En líneas generales, el proceso de compra se desarrolla, paradigmáticamente, como el proceso secuencial de un ordenador al que se le introducen ciertos datos de entrada, y mediante los procesos internos, realiza cálculos y operaciones, obteniéndose, finalmente, unos resultados de salida o respuestas. (Vivar, 1991).

### Modelo de Bettman

El modelo de Bettman, propuesto por el autor en 1979, se concentra en la forma en la que los consumidores procesan la información. Presenta al consumidor como un individuo con capacidad limitada de procesamiento de información incapaz de analizar todas las alternativas posibles y por lo cual orientado a emplear estrategias sencillas de decisión. El modelo consta de siete componentes: capacidad de procesamiento, motivación, atención y codificación perceptual, adquisición y evaluación de la información, memoria, proceso de decisión, y procesos de consumo y aprendizaje. (Bettman, 1979).

FIGURA 2.13

#### *Modelo del Comportamiento del Consumidor de Bettman*



FUENTE: Bustamante, 2013

Modelo de Leon Schiffmann y Leslie Kanuk

Este modelo presenta al consumidor como un ente compuesto por dos componentes. Uno cognitivo y otro emocional. El consumidor cognitivo es concebido como un solucionador de problemas, que busca y evalúa información y a través del procesamiento de información, forma preferencias e intenciones de compra. En contraposición, el consumidor emocional o impulsivo concede menos importancia a la búsqueda de información y le da mayor valor a su estado de ánimo y a sus sentimientos (Schiffman & Lazar, 2000).

TABLA 2.5

*Principales Modelos de Comportamiento del Consumidor*

<b>Modelo de Nicosia (1966)</b>	Se enfoca en el flujo de información entre la empresa y los consumidores y en la forma en que la empresa ejerce su influencia en los consumidores y viceversa.
<b>Modelo de Engel, Kollat &amp; Blackwell (1968, 1990)</b>	La toma de decisiones pasa por siete etapas y está influenciada por diferencias individuales, influencias del entorno y procesos psicológicos.
<b>Modelo de Howard &amp; Sheth (1969)</b>	El proceso de compra se desarrolla como un proceso secuencial con input de datos, procesos internos, cálculos y operaciones para obtener unos resultados de salida o respuestas.
<b>Modelo de Bettman (1979)</b>	El consumidor es un individuo con capacidad limitada para procesar información. Es incapaz de analizar todas las alternativas posibles y por ello se orienta a emplear estrategias sencillas de decisión.
<b>Modelo de Schiffmann &amp; Kanuk (2000)</b>	El consumidor es un ente compuesto por dos componentes. Uno cognitivo (busca, evalúa información y forma preferencias) y otro emocional (impulsivo y que da prioridad a sus sentimientos).

FUENTE: *Elaboración Propia*

Como es visible, la modificación en la forma de comprar y consecuentemente de vender, así cada vez más urgente para las compañías la necesidad de conocer y entender los gustos y necesidades de sus clientes.

Es por esto que el comportamiento de consumidor como disciplina se hace cada vez más robusto y estructurado e involucra cada vez más variables, que reflejan tanto la forma en que el consumidor se comporta como el impacto de dicho comportamiento en su entorno.

En este contexto, el fin esencial del análisis del consumidor de entender cómo y porqué compran y consumen los consumidores se torna cada vez más complejo y en medio de este amplísimo constructo, la forma en que los consumidores deciden ocupa un papel preponderante dentro de la disciplina.

### **2.3.2 TOMA DE DECISIONES. FUNDAMENTO TEÓRICO.**

Es evidente que las decisiones hacen parte de nuestras vidas, ya lo decía Albert Camus: “la vida es la suma de todas nuestras decisiones”. Cada día nos vemos enfrentados a decidir entre dos o más estados, objetos, situaciones o alternativas, entre las cuales una tiene preferencia sobre las otras (Edwards, 1954) y eso es justamente lo que se denomina decisión.

El consenso en el concepto de decisión es indiscutible, la mayoría de nosotros podría dar una definición sin acudir al diccionario, sin embargo, lo que aún no se ha desvelado completamente es cómo y porqué cada uno de los individuos toma sus decisiones.

La toma de decisiones ha sido objeto de análisis por parte de matemáticos, psicólogos, filósofos, economistas, políticos, entre otras disciplinas y lo que es común en todas, es el hallazgo de que las decisiones nunca se toman en un escenario perfecto.

Información limitada, restricciones de tiempo, sesgos personales e incertidumbre, entre otras inconsistencias, hacen que la decisión se torne compleja y obvian la concepción del hombre racional para dar paso a teorías como la de la Racionalidad Limitada, de la que se hablará posteriormente.

Antes de hablar de las teorías en el marco del proceso de toma de decisiones debemos distinguir dos tipos de aproximación teórica. De una parte las teorías de corte normativo, orientadas a cómo los individuos deberían escoger y de otra parte, las teorías de corte descriptivo en las que se estudia cómo eligen los individuos. (Sirakaya & Woodside, 2005).

Independientemente de la forma en que se cataloguen estas teorías, debe decirse que elección es una cuestión que ha preocupado a la humanidad desde los tiempos de Platón hasta nuestros días. Por esto, son innumerables las teorías que se han enunciado en torno a las decisiones.

Dado que es imposible abarcar todas las teorías disponibles, a continuación se hará la revisión de las principales teorías, sin embargo, en la Tabla 2.6, se intentará hacer un recorrido histórico que si bien no recoge todo el bagaje teórico de la materia, puede dar al lector una idea sobre lo larga, rica y diversa que ésta puede resultar.

Para entrar en materia, se hablará en primera instancia de la **Teoría de la Racionalidad Limitada**. Propuesta por Herbert Simon en su obra “Models of Man”, publicada en 1957, señala que el proceso de decisión de un individuo se ejecuta considerando limitaciones cognitivas tanto de conocimiento como de capacidad.

Simon señala que las personas difieren tanto en oportunidades disponibles como en deseos (influenciados por factores de su entorno), por lo cual, cuando un individuo debe decidir, influyen en él, tanto los deseos que posee como las oportunidades que él cree poseer. Creencias y deseos, que es posible no sean correctos, por lo tanto no puede garantizarse que elegirá la mejor alternativa (Aumman, 1997).

Según esto, la racionalidad es limitada desde dos direcciones. De una parte, desde el entorno del decisor, ya que no cuenta con información perfecta, ni certidumbre y de otra parte, desde la mente del mismo, ya que no cuenta con una estructura perfecta de preferencias, ni posee capacidad completa de cálculo.



Así mismo, la limitación de la racionalidad se deriva de factores tanto cognitivos (percepción, memoria o aprendizaje), como no cognitivos (cultura o emociones) que influyen en la decisión.

Otra teoría ampliamente estudiada en el ámbito de la toma de decisiones es la **Teoría de la Utilidad Esperada**, cuyo primer antecedente histórico se remonta a 1738, cuando Bernoulli planteó la Paradoja de San Petersburgo en la cual se representaba la siguiente situación:

“Un jugador racional debe aceptar una propuesta de juego si la ganancia esperada (la media del dinero que obtendría participando muchas veces en ese juego) es mayor que la suma exigida para entrar en el juego, y rechazar la propuesta cuando la ganancia esperada es menor que esa suma. Por esto, en aquellos eventos en los que la ganancia esperada es infinita, los individuos deberían asumir la suma exigida para entrar al juego sin importar su valor, aún si su probabilidad de ocurrencia se torna muy baja”.

Posteriormente, Von Neumann y Morgenstern (1947) darían forma a esta teoría señalando su *Teorema de la Utilidad*, según el cual los individuos valoran los resultados por sí mismos, es decir, dan mayor importancia a los estados finales. Para los autores, la utilidad es un índice de preferencia entre distintas alternativas y bajo los axiomas de reflexividad, completitud y transitividad se construye la denominada función de utilidad, cuyas características son puramente ordinales (se asigna un valor numérico a cada una de las alternativas, de manera que representan coherentemente las preferencias del individuo). (López, 2011).

El aporte principal de la teoría de la utilidad esperada radica en las bases para la teoría de juegos al hablar de situaciones en las que las decisiones de las personas se ven afectadas por variables inciertas. (Buchanan & O’Connell, 2006).

La **Teoría de Juegos** (1944), enunciada por los mismos Von Neumann y Morgenstern, en su libro del mismo nombre, estudia la elección de la conducta óptima cuando los costes y los beneficios de cada opción no están fijados de antemano, sino que dependen de las elecciones de otros individuos. Un ejemplo claro de esta teoría es el

conocido "dilema del prisionero", popularizado en 1950 por el matemático Albert W. Tucker.

En contraposición a esta teoría, Kahneman y Tversky, postularon la **Teoría Prospectiva**, publicada en 1979 en su obra "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk", en la que se encuentran patrones de conducta en la toma de decisiones que sugieren que los individuos no tienen en cuenta el resultado final, sino su variación, por lo cual la utilidad debe ser medida con base en el valor asignado a las pérdidas y ganancias y sus variaciones.

Teniendo en cuenta, la percepción y el juicio de las valoraciones de los individuos (respecto de la variación de los resultados) se observa una función de valor como una función que es cóncava en el dominio positivo, indicando aversión al riesgo cuando se está ganando y convexa en el dominio negativo, indicando propensión al riesgo cuando se está perdiendo. (Kahneman & Tversky, 1979).

La teoría prospectiva, con aplicación tanto en situaciones con certeza como en aquellas que involucran incertidumbre, sugiere igualmente que para evaluar las alternativas de una decisión, los individuos tienden a hacer cálculos en los que si bien hay una diferenciación clara entre pérdidas y ganancias, se establece como referencia un punto subjetivo establecido por el individuo en función de su estructura personal y la de su entorno. Estas referencias, conforman el enfoque Heurístico de la toma de decisiones. (Kahneman & Tversky, 1984).

Otras teorías como la del Coste de Oportunidad (Regret Theory) propuesta por Loomes y Sudgen en 1982 y la de autores posteriores como Castagnoli and LiCalzi (Teoría de la utilidad esperada sin utilidad) o Lopes y Oden (Teoría del potencial de seguridad y aspiración) (Hastie, 2001), constituyen avances sobre las teorías anteriormente expuestas que sin duda han marcado las bases para el estudio de la toma de decisiones.

**TABLA 2.6**  
**Evolución Histórica de la Toma de Decisiones**

AÑO	APORTACIÓN
1738	<b>Daniel Bernoulli.</b> <i>Paradoja de San Petersburgo.</i> Bernoulli sienta las bases del análisis del riesgo mediante el estudio de acontecimientos al azar midiendo cuánto un individuo puede desear o temer cada resultado posible.
1809	<b>Carl Friedrich Gauss</b> estudia la curva de la campana y desarrolla una estructura para la comprensión de la probabilidad de ocurrencias de eventos aleatorios.
1886	<b>Francis Galton</b> descubre que aunque los valores en un proceso aleatorio pueden alejarse de la media, con el tiempo van a tender hacia ella. Su concepto de regresión a la media influirá el análisis de riesgo y el negocio bursátil.
1907	<b>Irving Fisher</b> introduce valor actual neto como una herramienta para la toma de decisiones, proponiendo que el flujo de efectivo esperado han de ser descontados a una tasa que refleje el riesgo de la inversión.
1921	<b>Frank Knight</b> distingue entre el riesgo derivado de la probabilidad de un resultado conocido y la incertidumbre de la probabilidad de resultados desconocidos.
1944	<b>John Von Neumann &amp; Oskar Morgenstern.</b> <i>Teoría de Juegos.</i> Los autores describen una base matemática para la toma de decisiones económicas considerando que los tomadores de decisiones son racionales y coherentes.
1947	<b>Herbert Simon.</b> <i>Teoría de la Racionalidad Limitada.</i> Simon rechaza la idea clásica de la racionalidad perfecta y argumenta que debido a los costos de adquisición de información, las decisiones se toman bajo "racionalidad limitada".
1951	<b>Kenneth Arrow</b> presenta el <i>Teorema de la Imposibilidad</i> , que sostiene que no puede haber un conjunto de reglas para la toma de decisiones social capaz de cumplir con todos los requerimientos de la sociedad .
1952	<b>Harry Markowitz</b> demuestra matemáticamente cómo elegir carteras de acciones diversificadas para que los retornos sean consistentes.
1960	<b>Learned, Christensen &amp; Andrews</b> desarrollan el <i>Modelo DOFA</i> , útil para tomar decisiones cuando el tiempo es corto y las circunstancias complejas.

1968	<b>Howard Raiffa</b> escribe “Decision Analysis” donde explica las técnicas fundamentales de toma de decisiones, incluyendo conceptos como los árboles de decisión y el valor esperado de la muestra.
1973	<b>Fischer Black &amp; Myron Scholes</b> ( <i>Modelo de Black &amp; Scholes</i> ) y <b>Robert Merton</b> muestran cómo valorar con precisión las opciones sobre acciones y dan paso a una revolución en la gestión de riesgos.
1976	<b>Henry Mintzberg</b> describe varios tipos de decisiones y decisores en el contexto gerencial y habla de la no secuencialidad de las decisiones.
1979	<b>Amos Tversky &amp; Daniel Kahneman</b> . <i>Teoría Prospectiva</i> . Demuestran que el modelo racional no logra describir cómo la gente llega a las decisiones cuando se enfrentan a las incertidumbres de la vida real y sugiere que los individuos si bien diferencian entre pérdidas y ganancias, establecen como referencia puntos subjetivos en función de su estructura personal y la de su entorno.

FUENTE: Elaboración Propia con base en Buchanan & O’Connell, 2006.

### 2.3.3 EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

Como ya mencionamos al comienzo de este capítulo, la finalidad de descifrar el proceso de toma de decisiones, radica en la posibilidad de influir en el mismo para obtener resultados favorables para una marca o la compañía.

En este orden de ideas, abandonaremos la teoría global de la decisión en su ámbito normativo (del deber ser) y nos centraremos en el análisis de un modelo de toma de decisiones desde el punto de vista de la teoría descriptiva, en el que se tiene en cuenta las imperfecciones tanto del mercado como de la información y la complejidad del proceso en sí mismo.

La primera teoría general en relación con las etapas del proceso de toma de decisiones se atribuye al filósofo francés Condorcet, que en 1793 expuso tres etapas. La primera de ellas, orientada a la evaluación de los diferentes aspectos del problema y las consecuencias de las diferentes alternativas de decisión, seguida por una “etapa de discusión”, en la cual las opciones se reducen a una y finalmente con base en dicha

alternativa, en la etapa final, el individuo decide si se encauza por la opción disponible o ignora la decisión. (Hansson, 1994).

Ya en la época moderna, John Dewey (1910), planteó que la resolución de un problema que involucrase una decisión, se concentraba en cinco etapas: el sentimiento de dificultad, la definición del carácter de dicha dificultad, la sugerencia de posibles soluciones, la evaluación de las alternativas y finalmente la experimentación de la decisión (aceptación o rechazo de las alternativas).

Etapas estas retomadas posteriormente por Brim en 1962, quien junto a su equipo de investigación planteó que el proceso de decisión debería contar con seis fases: Identificación del problema, Obtención de la información necesaria, Generación de una posible solución, Evaluación de cada solución, Selección de la estrategia a seguir, Ejecución de la estrategia y Aprendizaje y revisión de la estrategia ejecutada. (Brim, 1962).

Como es visible, dos corrientes se promovieron en lo que se refiere a las fases del proceso de decisión, la de aquellos autores inclinados a la existencia de múltiples etapas y la de los autores orientados por la corriente de Codorcet más inclinados a la existencia de sólo tres fases.

Entre los seguidores de Codorcet, puede nombrarse a Herbert Simon, autor de la teoría de la racionalidad limitada, que en 1960, sugirió que la toma de decisiones se basa en tres etapas:

- Inteligencia. Hallazgo de la situación sujeta de solución a partir de una decisión.
- Diseño. Hallazgo de posibles cursos de acción.
- Elección. Elección entre los cursos de acción planteados.

La corriente de las tres etapas, fue posteriormente expuesta por otros autores, derivando una denominación un poco más genérica para cada una de las fases en cuestión, así:

Detección de una Necesidad. La detección de necesidades es el proceso mediante el cual el individuo se hace consciente de sus deseos o problemas, sin que esto suceda siempre por muto propio, sino en ocasiones con ayuda de estímulos externos que hacen visibles deseos o problemas antes no percibidos por el consumidor.

Búsqueda de Información. En la etapa de búsqueda de la información el individuo acude en primera instancia a su memoria, en la que se encuentra concentrada la información que por experiencia o impacto es retenida y que hace su aparición ante un estímulo que rememora el recuerdo.

No obstante, las personas no siempre cuentan con una referencia previa en relación con la alternativa a elegir, por lo cual en ocasiones debe acudir a fuentes externas de información para obtener algún concepto en relación con los atributos que para él son importantes al momento de tomar una decisión de consumo.

Evaluación de Alternativas. Una vez procesada la información, es preciso evaluar todas las opciones disponibles con base en un análisis coste-beneficio de cada una de ellas. En esta etapa los individuos comparan lo que saben respecto a sus alternativas, con lo que ellos consideran de mayor importancia y empiezan a reducir el campo de elección, antes de decidirse por una de ellas. (Blackwell, et al., 2002).

El paso final del proceso será la elección, cuyo culmen será una evaluación posterior de la cual se deriva una experiencia satisfactoria o insatisfactoria que actuará como retroalimentadora del proceso, almacenándose en la memoria del individuo cuando se alcance un nivel de impacto óptimo para ello.

En el marco del comportamiento del consumidor, cómo se evidenció en el apartado anterior, numerosos autores se han dado a la tarea de desarrollar modelos para describir el fenómeno de la elección por parte del consumidor.

No obstante, dichos modelos se basan en un orden secuencial del proceso, ante el cual autores como Witte se muestran contrariados señalando la imposibilidad del ser humano de ejecutar un proceso de toma de decisiones por fases una seguida de otra,

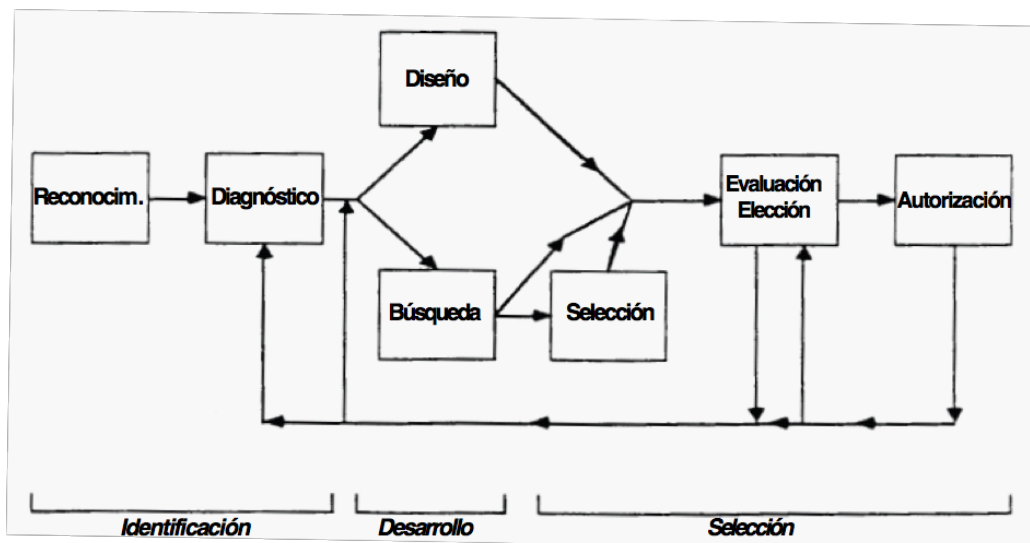
ya que es más realista la ejecución simultánea de las actividades asociadas al proceso. (Hansson, 1994).

Por esta razón, el proceso de toma de decisiones ha tomado una nueva bifurcación entre aquellas teorías creyentes de la secuencialidad y aquellas opuestas a ese orden.

Las teorías secuenciales fueron expuestas anteriormente y dentro de las teorías no secuenciales, la más importante es la propuesta por Mintzberg, Raisinghani y Théorêt en 1976, según la cual si bien el proceso de decisión se compone de una serie de etapas, la relación entre estas fases es circular dando lugar a una interacción activa y/o ejecución simultánea de las etapas del proceso. (Hansson, 1994).

FIGURA 2.14

*Relación entre las fases y rutinas de un proceso de decisión. Mintzberg (1976)*



FUENTE: Tomado de Hansson, 1994.

Al analizar todas estas teorías, parece ser que así como el orden de los factores no altera el producto, el número de etapas del proceso o su secuencialidad, no modifica las tareas importantes del mismo, esto es, que sin importar si el proceso se desarrolla en tres, cinco o seis etapas, su estructura resulta homogénea para todos los autores, tal como se evidencia en el siguiente esquema.

**TABLA 2.7**  
**Comparación de Teorías de Toma de Decisiones,**  
**con base en las Etapas del Proceso de decisión**

<b>Codorcet</b>	Evaluación		Discusión		Decisión
<b>Simon</b>	Inteligencia		Diseño	Elección	
<b>Mintzberg</b>	Reconocim.	Diagnóstico	Búsqueda / Diseño	Selección	Evaluación/ Elección
<b>Brim</b>	Identificación	Obtención de información	Generación de Soluciones	Evaluación	Selección

FUENTE: Tomado de Hansson, 1994.

El desarrollo de las etapas del proceso, sin importar su número, varía de acuerdo con el contexto del individuo, sus condiciones particulares y la naturaleza de la decisión. Durante todo el proceso de toma de decisiones el individuo es influido por las variables de su entorno sociocultural y los factores inherentes a su propio campo psicológico. (Howard & Sneth, 1969).

La consideración de estos factores imprime una mayor dificultad al proceso de elección puesto que es preciso que el individuo ajuste las alternativas disponibles a una serie de requerimientos derivados de su entorno, de tal forma que al tomar la decisión final la sensación de satisfacción se derive no solamente de la elección, sino de lo que ello significa en su contexto particular.

Es así, como la decisión correcta depende de la confluencia de un sinnúmero de factores como la importancia de la decisión (implicación o compromiso), la presión de tiempo, las condiciones financieras del individuo, sus rasgos de personalidad y las características de su entorno social y cultural (Howard & Sneth, 1969).

Cada uno de los factores implicados en la decisión le dota de un grado de complejidad tal que el individuo puede enfrentarse a decisiones rutinarias, para las cuales se haya



fijado una respuesta ante un estímulo repetitivo (Routinized Response Behavior), decisiones con bajo nivel de complejidad (Limited Problem) para las cuales no se requiere mayor esfuerzo dado que se cuenta con patrones de selección de fácil aplicación o decisiones complejas (Extensive Problem), derivadas de situaciones completamente nuevas que requieren esfuerzos adicionales para el individuo, tanto en términos de tiempo como de cognición. (Howard & Sneth, 1969).

Cualquiera que sea el nivel de la decisión, siempre su preludio será la evaluación de una serie de alternativas que dan solución al problema inicial planteado. El proceso mediante el cual se combina e integra la información disponible para llegar a la elección de una alternativa, en un contexto de múltiples opciones, se lleva a cabo gracias a las **Reglas o Estrategias de Decisión**. (López, 2011).

Al analizar las principales teorías relacionadas con el proceso de toma de decisiones, pudo identificarse que la Teoría Clásica de la Utilidad, ofrece una idealizada representación de los resultados de la decisión ya que la utilidad de un objeto está modelada en función del valor de sus características y/o componentes, lo cual supone matemáticamente que las utilidades del objeto son compensatorias puesto que la valoración de cada atributo afecta la utilidad del objeto, con independencia de las valoraciones de otros atributos del objeto. (Elrod, et al., 2004).

En contraste con estos modelos compensatorios clásicos, numerosos investigadores como Coombs & Kao (1955), Dawes (1964), Schoemaker (1980) y posteriormente Dillon, 1998 enmarcaron sus teorías en una corriente No Compensatoria, señalando la existencia reglas más simples para los tomadores de decisiones. Señalando que una regla de decisión es no compensatoria si una decisión determinada por algunos atributos de un objeto, no puede ser revertida por otros atributos del objeto. (Elrod, et. al., 2004).

Así las cosas, se cuenta con Estrategias Compensatorias, que como su nombre indica compensan valoraciones negativas con valoraciones positivas respecto a cada alternativa o atributo y Estrategias No Compensatorias, cuando no se lleva a cabo ningún proceso de compensación sino que una valoración negativa puede desencadenar el rechazo de la alternativa.

Dentro de las estrategias compensatorias, encontramos las estrategias; aditiva simple, aditiva compleja (Regla Compensatoria General de Decisión) y aditiva por diferencias, entre las más importantes, todas ellas orientadas a la elección de la alternativa con base en el número mayor de calificaciones positivas obtenidas.

En cuanto a las estrategias no compensatorias, pueden distinguirse las siguientes estrategias:

- Estrategia Conjuntiva, en la que el individuo establece un nivel mínimo aceptable para cada atributo de la alternativa, rechazando las alternativas que no superen tales valores en todos los atributos.
- Estrategia Disyuntiva, que basada en el mismo criterio de la estrategia conjuntiva, considera todas las alternativas que sobrepasan el nivel mínimo establecido al menos en uno de los atributos.
- Estrategia Lexicográfica, en la cual el individuo asigna niveles de importancia a cada uno de los atributos y pondera su valoración con respecto a ello. (López, 2011).

**TABLA 2.8**

*Estrategias Compensatorias y No Compensatorias en la Toma de Decisiones*

<b>ESTRATEGIAS COMPENSATORIAS</b>	<b>ESTRATEGIAS NO COMPENSATORIAS</b>
<b>Estrategia Aditiva Simple.</b> Consiste en elegir la alternativa que tenga el mayor número de atributos positivamente valorados por el consumidor.	<b>Estrategia Disyuntiva.</b> Se consideran todas las alternativas que sobrepasan el nivel mínimo establecido al menos en uno de los atributos.
<b>Estrategia Aditiva Compleja.</b> Se elige la alternativa que obtenga la mayor puntuación total en la suma de los diferentes valores asignados a cada atributo, ponderados por su importancia relativa.	<b>Estrategias Conjuntiva.</b> Se establecen previamente valores mínimos para cada atributo rechazándose las alternativas que no superen esos valores en todos los atributos.

<p><b>Estrategia Aditiva por Diferencias.</b> En este caso, primero se valoran las diferencias de cada atributo y se suman a continuación las diferencias obtenidas.</p>	<p><b>Estrategia Lexicográfica.</b> La búsqueda y selección de atributos se realiza en un orden determinado eligiendo aquella que obtenga la mayor puntuación en el atributo más importante.</p>
--	--

FUENTE: Elaboración Propia

Otra importante teoría en el marco de la toma de decisiones, es la **Teoría de los Heurísticos** propuesta por Tversky y Kahneman hacia 1974, en la que se plantea que las personas utilizan un número limitado de principios que permiten convertir tareas complejas de decisión en operaciones de juicio simples.

Estas reglas simples de decisión que suponen para el individuo un mínimo esfuerzo de reflexión, en cualquier caso no deben tacharse de irracionales y aunque no preconizan una regla estándar de actuación, se sabe que se derivan de procesos de baja complejidad cognitiva asociados a la asociación, la memoria, las emociones y en general valoraciones que el individuo antepone a un juicio objetivo bajo el atisbo de una utilidad superior derivada.

Kahneman y Tversky, encontraron tres heurísticos en los procesos de decisión; la representatividad, la disponibilidad y el anclaje y ajuste, todos ellos coincidentes en que los individuos juzgan las alternativas disponibles con base en el aprendizaje proveniente de sus experiencias previas, sus creencias u observaciones de su entorno.

En la misma línea de los heurísticos, Gerd Gigerenzer (2002), se centró en las propiedades de rapidez y frugalidad de los heurísticos investigando cómo éstos dan precisión a la decisión y eliminan el sesgo cognitivo. Encontró que tanto los individuos como las organizaciones se basan en la heurística de manera adaptativa y que haciendo caso omiso de parte de la información, en vez de sopesar todas las opciones, se puede tomar decisiones más precisas.

**TABLA 2.9**  
*Heurísticos de Kanheman & Tversky (1974)*

<b>Heurístico de Representatividad</b>	Los individuos hacen juicios probabilísticos basándose en conceptos previos. Esto es, una muestra se juzga por su población o un ejemplar por su categoría.
<b>Heurístico de Accesibilidad</b>	Suele juzgarse como más real o probable aquello que nos resulta más familiar.
<b>Heurístico de Anclaje y Ajuste</b>	Los individuos tienden a realizar juicios basados en estimaciones iniciales sobre las que se hace un ajuste deficiente y/o insuficiente a pesar de tener evidencias contrarias.

FUENTE: *Elaboración Propia con base en Kanheman & Tversky, 1974 y López, 2011.*

Del mismo modo, años después, el mismo Kahneman (2003), propondría junto a Frederick, que los heurísticos cognitivos trabajan mediante sustitución inconsciente de atributos, de tal forma que cuando alguien se enfrenta a un juicio complejo, sustituye el atributo complejo por otro mas sencillo para reducir la complejidad del problema. (Elrod, et al. 2004).

La aplicación de este camino más corto, sin embargo, puede traernos consecuencias nefastas puesto que el hecho de no razonar de acuerdo con las reglas de la lógica, sino aplicando heurísticos puede conducirnos a cometer sistemáticamente sesgos en los juicios y tareas de inferencia probabilística. (López, 2011)

Volviendo a la consideración inicial respecto a la decisión adecuada, bien vale concluir que más allá del camino por el que el individuo opte, la valoración de la decisión se hará con base en el grado de utilidad que la misma le reporte, sin olvidar que la utilidad obtenida por las personas en las diferentes decisiones que toman no depende exclusivamente de factores de carácter objetivo o monetario, sino también de elementos de naturaleza cualitativa y emocional. (López, 2011)

Tal como evidenciamos apartados anteriores, para la mayor parte de los teóricos del tema el proceso de decisión requiere de un alto grado de razonamiento por parte del individuo, y de la puesta a punto de procesos de soporte en los que se involucra la

atención o la denominada memoria funcional, sin embargo, nada se menciona respecto a las emociones o sentimientos, cuando es un hecho que no todos los procesos biológicos que culminan en una selección de respuesta pertenecen al ámbito del razonamiento (Damasio, 1996, 2000, 2004).

No hay duda respecto a que la toma de decisiones supone un proceso de razonamiento alrededor de opciones, predicción de futuros resultados y análisis de coste-beneficio, sin embargo, también los procesos de emociones, sentimientos y motivación son parte de la maquinaria neural de las decisiones. (Braidot, 2005).

En capítulos posteriores se profundizará sobre este concepto neurológico, sin embargo, lo realmente importante es que el lector asuma que si bien la toma de decisiones precisa de un componente cognitivo, la influencia de variables emocionales asociadas al campo psicológico del consumidor juegan un papel importante en la elección final, con lo cual puede decirse que la toma de decisiones de compra precisa para su ejecución tanto de funciones racionales como de funciones emocionales.

## **2.4 EMOCIÓN Y COGNICIÓN EN LA TOMA DE DECISIONES**

### **2.4.1 PAPEL DE LAS EMOCIONES EN LA TOMA DE DECISIONES**

Para decidir, hay que juzgar; para juzgar, hay que razonar; para razonar, hay que decidir. (Damasio, 1996). Esta frase de Phillip Johnson-Laird (1993) refleja la intrincada relación que por mucho tiempo se asumió entre racionalidad y toma de decisiones.

De hecho, la teoría económica tradicional preconiza que las decisiones de los individuos son tomadas a partir de la evaluación objetiva de las situaciones, propendiendo siempre el individuo a la maximización de la utilidad esperada.

Las múltiples teorías en relación con la racionalidad de las decisiones, sugieren que tanto razonamiento como decisión implican que el individuo posee una estrategia lógica para producir inferencias válidas sobre cuya base se selecciona una opción de respuesta apropiada. (Damasio, 1996, 2000).

En atención a esta premisa, se supone que el camino para encontrar la mejor alternativa disponible se basa en la recopilación de toda la información disponible y un posterior análisis, con el fin encontrar la postura más favorable para el individuo, lo cual supone el uso de ciertos procesos de soporte requeridos para el razonamiento como la atención o la memoria, sin embargo, nada se habla sobre emociones.

Durante muchos años, los estudios del comportamiento del hombre partieron de este punto, atribuyendo racionalidad pura a la toma de decisiones, con lo cual, se asumió igualmente que la toma de decisiones se realizaba en un escenario con información ilimitada y que los individuos disponían para el proceso tiempo sin límite e infinita capacidad de procesamiento de la información. (Naqvi, et al. 2006).

Dada la poca probabilidad de existencia de escenarios de este tipo, los estudiosos del comportamiento humano y psicólogos evolucionistas se han dado a la tarea de

demostrar que las decisiones de los seres humanos se llevan a cabo en medio de incertidumbre y que incluso asocian ciertos niveles de riesgo que limitan el uso de la racionalidad.

Sólo si la mente fuera un órgano poderosamente infinito, una súper computadora sin limitación alguna, el análisis racional sería la mejor estrategia para la toma de decisiones. Desafortunadamente, la realidad biológica nos muestra que las imperfecciones existen. (Lehrer, 2010).

En este contexto de imperfección, se dio lugar a teorías como la de la racionalidad limitada de Simon o la teoría prospectiva de Kahneman y Tversky, que sin duda constituyeron importantes avances en la investigación de los componentes de las decisiones, no obstante, no trascendieron del campo teórico.

Posteriormente y gracias a los avances tecnológicos, el tema tomaría más auge y se encauzaría por los intrincados caminos de la neurociencia en los que Damasio sin duda ha jugado un rol preponderante, al concluir que las emociones son un componente fundamental de las decisiones.

El eje conductor de los estudios de Damasio, se concentra en el análisis de las lesiones cerebrales y su impacto en el proceso de toma de decisiones. La primera pista en sus estudios, es el caso de Phineas Gage, que si bien data del siglo XIX, ha permitido revelar que daños en la corteza prefrontal pueden tener influencia en el comportamiento de los individuos y de paso en la asertividad de sus decisiones.

Seguidamente, el caso de Elliot, un paciente con daños similares a los de Gage, condujeron a la conclusión que la toma de decisiones es un proceso integrado por componentes emocionales y no sólo de carácter racional. (Damasio, 1996).

Por su parte, Loewenstein y Lerner (2003), desarrollaron un marco conceptual para definir las diferentes formas en las que las emociones pueden influir en el proceso de toma de decisiones, sugiriendo que las emociones pueden intervenir en el proceso de toma de decisiones, anticipando la recompensa asociada a la decisión, alterando las expectativas de probabilidad y “deseabilidad” del decisor ante las consecuencias

futuras de la decisión o cambiando la forma en que esas expectativas son procesadas. (Loewenstein & Lerner, 2003).

Finalmente, bien vale la pena resaltar los trabajos de Peters et al. (2006) y Pfister y Böhm (2008), que analizaron la función de las emociones en el proceso de toma de decisiones aduciendo cuatro funciones fundamentales a las mismas:

- Proporcionar información sobre estados emocionales asociados a las consecuencias de la decisión, útiles para evaluar las opciones disponibles
- Mejorar la velocidad al proveer atajos para la evaluación de las opciones
- Dar relevancia a la evaluación de las opciones acudiendo a recuerdos y/o memorias somáticas
- Promover el compromiso del decisor con la decisión tomada mediante juicios morales

Así las cosas, la evidencia señala que las emociones juegan un rol en la conducción de las decisiones, especialmente en los escenarios en los que los resultados de la decisión resultan inciertos en términos de recompensa. (Naqvi, et al. 2006). Como se verá en apartados posteriores, los frágiles instrumentos de la racionalidad necesitan de una ayuda especial (Damasio, 1996, 2000) y he aquí las emociones.

#### **2.4.1.1 HIPÓTESIS DEL MARCADOR SOMÁTICO**

En este nuevo contexto de investigación sobre la toma de decisiones, parece ser que son las emociones las que contribuyen a limitar la cantidad de información que el individuo puede tener en cuenta, las inferencias que realmente considerará y el conjunto de opciones reales entre las que ha de elegir. (López, 2011).

No hay duda de la trascendencia de las emociones en el proceso de toma de decisiones y en este sentido, Damasio apunta que las emociones pueden influir de forma demostrable en la toma de decisiones al actuar como un sistema de calificación automática de predicciones que actúa para evaluar los supuestos del futuro anticipado de los individuos.



Con base en esta apreciación, Damasio plantea la hipótesis del marcador somático que se trata de un caso especial de sentimientos generados a partir de emociones secundarias, que han sido conectadas mediante aprendizaje a resultados futuros predecibles de determinados supuestos. (Damasio, 1996, 2000, 2004).

Este planteamiento, parte de la asunción que todas las experiencias positivas o negativas con alto impacto emocional son almacenadas por el individuo, levantando en su interior un marcador que contiene una previsión asociada a un recuerdo rememorado por el estímulo al que se expone el sujeto.

Este marcador, actúa antes de que el individuo lleve a cabo un análisis coste – beneficio de las alternativas de elección, ergo antes de que se lleve a cabo proceso alguno de razonamiento. La señal fuerza la atención sobre el resultado de tal suerte, que si se prevé un resultado negativo, ésta nos lleva a rechazarlo inmediatamente, protegiéndonos de pérdidas futuras y permitiéndonos elegir a partir de un número menor de alternativas.

De esta forma, cuando un marcador somático negativo se yuxtapone a determinado resultado futuro, la combinación funciona como un timbre de alarma, pero cuando lo que se superpone es un marcador positivo, se convierte en una guía de incentivo. (Damasio, 1996).

Los marcadores somáticos, se crean durante el proceso de educación y socialización al conectar clases específicas de estímulos con clases específicas de estados somáticos o reacciones a un estímulo (Damasio, 2000), es decir, se adquieren con la experiencia, bajo un sistema de preferencias interno y un conjunto de circunstancias de interacción en las que influyen tanto las condiciones sociales como las normas éticas del entorno.

Algunos autores señalan que el marcador somático se basa en el condicionamiento del individuo, sin embargo, la diferencia entre la teoría del marcador somático y la hipótesis de condicionamiento pavloviano, resulta abismal por cuanto el condicionamiento pavloviano se basa en un aprendizaje asociativo, que supone la presencia de un mismo estímulo que en principio debe generar una respuesta idéntica

del individuo en todas las ocasiones, mientras que el marcador somático se basa en una reacción psicológica del individuo en función de eventos previos emocionalmente significativos para él, sin que con ello se evidencie una acción específica asociada a dicha reacción. (Rangel, et al., 2008).

En otras palabras, el marcador somático trasciende la idea de que el sonido de una campana pueda generarnos sensación de hambre o en el ámbito del marketing, la aparición de una chica sexy nos lleve a comprar un coche. Por el contrario, Damasio sugiere que la evocación de información emocional a partir de detalles asociados a ésta puede fortalecer el componente emocional de la decisión del individuo sin que con ello se asegure la ejecución de una actividad determinada (Damasio, 2000).

El sistema neural de los marcadores somáticos se halla en las cortezas prefrontales, donde se guardan las representaciones disposicionales, adecuadamente categorizadas, de nuestra experiencia vital. (Damasio, 1996, 2000. Bechara & Damasio, 2005). No obstante, aunque la corteza Orbitofrontal juega un papel esencial en la toma de decisiones, debe tenerse en cuenta que el proceso de decisión se lleva a cabo en varios sistemas que incluyen tanto componente corticales como sub-corticales que incluyen la amígdala, las cortezas somatosensoriales y el sistema nervioso periférico (Bechara, 2004. Bechara & Damasio, 2005. Tranel, et al., 2005).

En cuanto a la consciencia del individuo respecto al marcador, debe decirse que de la misma forma que encontramos emociones conscientes e inconscientes, el marcador somático puede operar de forma encubierta o en ausencia de consciencia utilizando lo que Damasio denomina un “bucle como si”, en el que la corteza prefrontal y la amígdala ordenan a las cortezas somatosensoriales generar la pauta de actividad explícita que habría asumido si el cuerpo hubiera sido situado en el estado deseado, influyendo sobre la toma de decisiones.

Este mecanismo encubierto sería el origen de lo que llamamos intuición, el mecanismo misterioso por el que llegamos a la solución de un problema sin razonar con respecto a él. (Damasio, 1996, 2000. Bechara & Damasio, 2005).

A este respecto, debe decirse que los marcadores somáticos pueden influenciar la decisión a través de dos vías: Un mecanismo de bucle corporal o “body loop” y un mecanismo de bucle como si o “as-if loop”.

En el mecanismo de bucle corporal, un estado emocional (marcador somático), es escenificado y las señales de su la activación se retransmiten de nuevo a las estructuras subcorticales y de procesamiento somatosensorial cortical.

Tal como se señaló anteriormente, este estado somático generado puede actuar de manera consciente o inconsciente, promoviendo la acción u omisión ante determinada decisión.

Una vez las emociones se han expresado y/o experimentado al menos una vez, es posible formar representaciones de estas experiencias emocionales en las cortezas somatosensoriales y almacenarlas generando aprendizaje. De tal forma, que ante una cadena de acontecimientos, la emoción experimentada se evoca activando las cortezas insulares y somatosensoriales directamente y creando una imagen del estado corporal-emocional inicial. Este sistema anatómico se describe como el “bucle como si”. (Bechara, 2004. Bechara & Damasio, 2005).

En relación con lo anterior, surge una pregunta importante: ¿Qué decisiones se acoplan al “bucle corporal” y qué decisiones se asocian al “bucle como si”? La respuesta a esta pregunta sigue siendo objeto de investigaciones, sin embargo, Bechara y Damasio (2001, 2004, 2005) proporcionan una respuesta preliminar.

La toma de decisiones con componentes de ambigüedad, donde se desconoce el resultado y no es posible hacer una estimación del mismo, se acoplará con el “bucle corporal” y por el contrario, la toma de decisiones en condiciones de certeza, donde el resultado es explícito y predecible, involucrará el “bucle como si”. (Bechara, 2004).

Así las cosas, a pesar de mostrar numerosas bondades, especialmente en términos de ahorro de tiempo, precisión y eficiencia para el proceso de decisión, Damasio advierte que los impulsos biológicos y el mecanismo automático del marcador somático que se basa en ellos son esenciales para algunos comportamientos racionales, especialmente

en los ámbitos social y personal, aunque bien pueden ser perniciosos para la toma racional de decisiones en determinadas circunstancias al crear un sesgo avasallador contra hechos objetivos o incluso intervenir en mecanismos de soporte de la toma de decisiones como la memoria funcional. (Damasio, 1996, 2000).

No obstante lo anterior, parece ser que la emoción bien dirigida y desplegada es un sistema de apoyo sin el que el edificio de la razón no puede funcionar correctamente (Damasio, 2000).

#### **2.4.1.2 TEORÍA DEL SENTIMIENTO ANTICIPADOR**

El sentimiento anticipador se refiere al estado emocional que las personas experimentan mientras anticipan resultados significativos. (Knutson & Greer, 2008).

Gracias a los avances en las técnicas de neuroimagen, ha sido posible identificar los circuitos neuronales que apoyan la experiencia emocional, evidenciando la existencia de un sentimiento anticipador, que sin duda influye en la forma en que se hace un juicio interno que posteriormente conduce a una decisión.

Los antecedentes de este hallazgo, se sitúan en 1897, cuando Wilhelm Wundt, padre de la psicología experimental propuso un esquema para la comprensión de los sentimientos, basado en tres dimensiones bipolares: Placer vs. Desplacer, Excitación vs. Calma y Relajación vs. Tensión, señalando que en estos subyacen las bases de la experiencia emocional.

Posteriormente, muchas décadas de estudios psicológicos indicaron que dos dimensiones pueden dar cuenta de las características de un estado de ánimo. Estas son la Valencia, cuyo movimiento es horizontal de bueno a malo y la Excitación, cuyo movimiento es vertical señalando su presencia o ausencia.

De otra parte, conocidos etólogos como Craig han distinguido entre comportamiento apetitivo (cuando un individuo anticipa un incentivo a percibir) y comportamiento

consumidor (relacionado con la respuesta ante el incentivo), lo cual sugiere la posibilidad de que el individuo experimente una sensación, derivada de la exposición a un estímulo emocional y que la tome cuenta en el proceso de toma de decisiones. (Knutson, et al. 2007. Knutson & Greer 2008). Hallazgo éste que abriría la puerta a la posibilidad de anticipar el sentimiento que se evocará en el individuo al elegir el estímulo emocional adecuado.

Los estudios recientes, respaldan esta teoría señalando la presencia de actividad cerebral no sólo al momento de responder al incentivo sino incluso antes de hacerlo, en lo que se denomina la etapa de anticipación. Esta premisa, fue analizada por Knutson y su equipo (2007), alcanzando tres importantes conclusiones:

- Localización espacio temporal del sentimiento anticipador. Se han identificado los circuitos que generan excitación positiva y negativa, es decir aquellos relacionados con la anticipación de pérdidas o ganancias para el individuo.
- Correlación Experiencial. La activación de dichos circuitos neuronales y su relación con los sentimientos del individuo se correlaciona con una experiencia auto reportada (rememorada) por el individuo.
- Elección consecuente. La activación de dichos circuitos promueve una aproximación al tipo de respuesta del individuo.

Conforme a lo anterior, puede decirse que en el marco de las funciones más primarias del hombre, los sentimientos anticipadores no sólo generan una actividad neurológica con una marcada correlación experiencial, sino que motivan sus comportamientos. Esta premisa, se hace extensible a todas las situaciones del ser humano, por lo cual se da por sentado el importante rol de los sentimientos anticipadores en la motivación de comportamientos.

Ahora bien, ante esta teoría subyacen varios interrogantes. Es realmente posible predecir las decisiones de los individuos mediante la medición de la actividad cerebral indicativa de una suerte de marcadores somáticos o sentimientos anticipadores?.

### 2.4.1.3 TEORÍA DE LA EMOCIONES INMEDIATAS Y LAS EMOCIONES ESPERADAS

Retomando el marco conceptual de Loewenstein y Lerner (2003), puede decirse que las emociones intervienen en el proceso de toma de decisiones a través de dos vías:

- Emociones Esperadas: Son predicciones acerca de las consecuencias emocionales del resultado de una decisión. Como ejemplo de este tipo de emociones, los autores acuden al ejemplo de un inversionista, que sopesa los diferentes estados emocionales que produciría una u otra decisión en lo que a su inversión se refiere. Aclaran los autores, que las emociones esperadas no son experimentadas como emociones *per se*, ya que se trata de meras expectativas acerca de las emociones que podrían ser experimentadas por el sujeto en el futuro.
- Emociones Inmediatas: Estas emociones, son experimentadas durante el proceso de toma de decisiones e influyen en el proceso en dos vías, una directa y otra indirecta, alterando las expectativas de probabilidad y “deseabilidad” del decisor de las consecuencias futuras de la decisión o cambiando la forma en que esas expectativas son procesadas (Loewenstein & Lerner, 2003)

Continuando con el ejemplo del inversor, para ilustrar este último tipo de emociones, puede señalarse que una vía directa de influencia puede provenir de una sensación de ansiedad al momento de realizar la inversión, que contravierte la decisión de invertir y en contraste, una vía indirecta puede resultar de una sensación preexistente de buen humor, que haga proclive al inversionista a invertir en acciones de alto riesgo.

En este sentido, dado que las emociones inmediatas reflejan los efectos de la activación emocional al contemplar las consecuencias de la decisión en sí misma, los autores señalan que se trata de ***Influencias Anticipatorias en el Proceso de Decisión.***

Por su parte, los efectos de las emociones esperadas, cuya activación emocional proviene de factores no relacionados con la decisión son considerados ***Influencias Incidentales en el Proceso de Decisión.***

**TABLA 2.10**  
*Riesgos y Beneficios de las Emociones Inmediatas y Esperadas  
en el Proceso de Toma de Decisiones*

	<b>Emociones Esperadas</b>	<b>Emociones Inmediatas</b>
<b>Beneficios Potenciales</b>	Determinación de un curso de acción óptimo para maximizar bienestar a largo plazo.	Priorización del procesamiento de información e introducción de importantes, aunque intangibles, consideraciones.
<b>Riesgos Potenciales</b>	Aporte de sesgos a la toma de decisiones en caso de haber expectativas sesgadas (vg. errores de pronóstico).	Impulso del comportamiento para que haya coincidencia con intereses propios.

*FUENTE: Loewenstein & Lerner, 2003. Traducción Propia.*

Tanto las emociones esperadas como las inmediatas tienen impactos positivos y negativos en la decisión. De allí que las emociones no siempre se consideren beneficiosas en el proceso pues tal como señalan los autores, las emociones puede propiciar sesgos de la decisión.

## **2.4.2 MECANISMOS NEUROLÓGICOS ASOCIADOS AL RECONOCIMIENTO, PROCESAMIENTO Y REGULACIÓN DE LAS EMOCIONES**

### **2.4.2.1 NEUROCIENCIA AFECTIVA. ESTUDIO DE LAS BASES NEURALES DE LAS EMOCIONES.**

Las primeras aproximaciones al estudio del cerebro y la forma en que funciona esta caja negra, fueron llevadas a cabo gracias a la experimentación en animales y de allí se derivó la etología, encargada de analizar el comportamiento de los animales en condiciones de laboratorio.

El conductismo por su parte, se encargó de estudiar la modificación del comportamiento a partir del aprendizaje, mientras que las ciencias cognitivas siguen intentando dar respuesta a las complejidades de la mente humana.

La sociobiología y la psicología evolutiva han intentado hallar en la evolución una respuesta para los patrones de comportamiento humanos y por su parte, la psicología clínica y la psiquiatría tratan de encontrar los mecanismos neurales que subyacen a los diferentes procesos humanos a partir del estudio de diverso tipo de enfermedades.

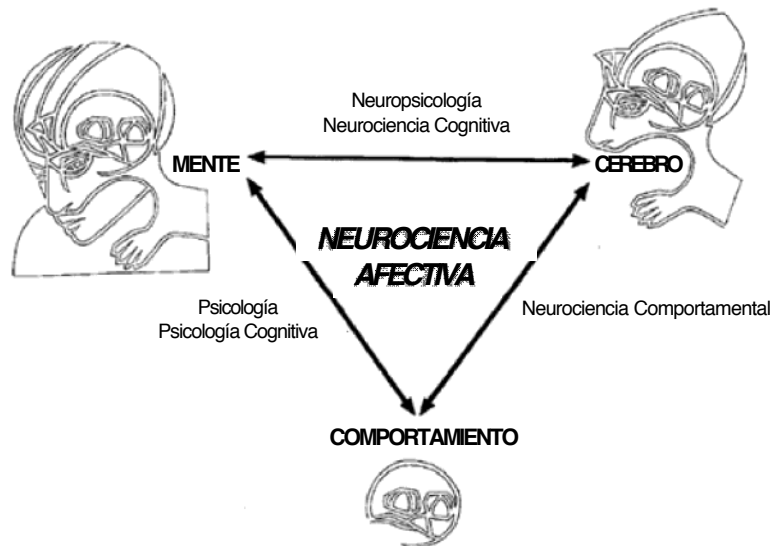
Y en medio de toda esta investigación, nadie se había percatado de la importancia de las emociones, así que en respuesta a este vacío científico, nace la Neurología Afectiva, encargada de entender la forma en que los sistemas operativos del cerebro de los mamíferos procesan las emociones y los diferentes estados internos, conscientes e inconscientes que éstas generan. (Panksepp, 1998).

Su meta, se centra en lograr la especificación de los circuitos cerebrales implicados en el procesamiento de las emociones tanto en términos anatómicos, como funcionales, neuroquímicos y neurofisiológicos y para alcanzar su objetivo, se vale de todas las disciplinas antes mencionadas, que con sus hallazgos han alimentado el cuerpo teórico que la reviste.



FIGURA 2.15

Confluencia de las disciplinas psicológicas, conductuales y neurocientíficas en la comprensión de la naturaleza biológica del proceso afectivo



FUENTE: Tomado de Panksepp, 1998.

## DESARROLLO HISTÓRICO DE LA NEUROCIENCIA AFECTIVA

Los comienzos de la neurociencia afectiva bien pueden ser atribuidos a Charles Darwin, quien con su publicación, en 1872, *La Expresión de las Emociones en Animales y Hombres*, hizo las primeras aportaciones al área señalando la analogía entre las emociones de animales y humanos y la posibilidad de existencia de una serie de “emociones básicas” comunes entre especies y culturas.

Estas dos ideas, contribuyeron a la neurociencia afectiva no sólo por los avances que en sí mismas representaron, sino porque dieron paso al estudio neurológico de las emociones a partir de los patrones de comportamiento del reino animal.

No obstante la importancia de Darwin, debe resaltarse que el primer caso clínico en relación con la neurociencia afectiva es expuesto posteriormente por el Doctor John Harlow en 1868 y es conocido como el Caso de Phineas Gage. Un obrero que tras sufrir un accidente que lesionó severamente las cortezas prefrontales de su cerebro,

se mostraba incapaz de planificar su futuro, conducirse según las reglas sociales previamente aprendidas y decidir sobre el plan de acción eventualmente más ventajoso para su supervivencia. (Damasio, 1996).

Estos hallazgos, dieron pie al análisis de la importancia de la corteza prefrontal en el razonamiento, la toma de decisiones y el procesamiento de las emociones.

Posteriormente, hacia 1884, William James acuñó la Teoría de las Emociones, según la cual las emociones son percepciones de la mente de condiciones psicológicas que resultan de la exposición a un estímulo. Esta teoría, fue posteriormente renombrada como la “Teoría de James y Lange”, gracias a las aportaciones hechas por Carl Lange en 1885. (Dalglish, 2004).

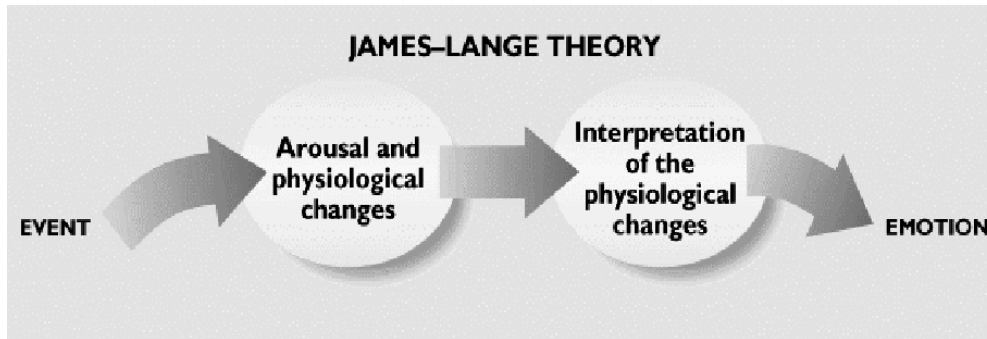
De acuerdo con James y Lange, la emoción tiene lugar una vez el individuo interpreta las respuestas fisiológicas desencadenadas [en su cuerpo], de forma automática, por la percepción de un estímulo particular. Esto es, que la reacción emocional de un individuo depende de la forma en que éste interprete sus reacciones físicas y son estas reacciones, posteriores a la percepción del estímulo lo que se sería para James y Lange, la emoción.

Según James, los cambios corporales siguen directamente a la percepción del hecho desencadenante y [...] nuestra sensación de esos cambios según se van produciendo es la emoción (Cano-Vindel, 1997).

Esta teoría ha tenido una gran repercusión, desde finales del siglo XIX hasta nuestros días, considerándose que a partir de ella ha surgido una nueva disciplina la psicofisiología y su principal aportación, radica en los indicios en relación con que la respuesta biológica ante un estímulo puede modular la intensidad de la emoción.

FIGURA 2.16

Teoría de James - Lange

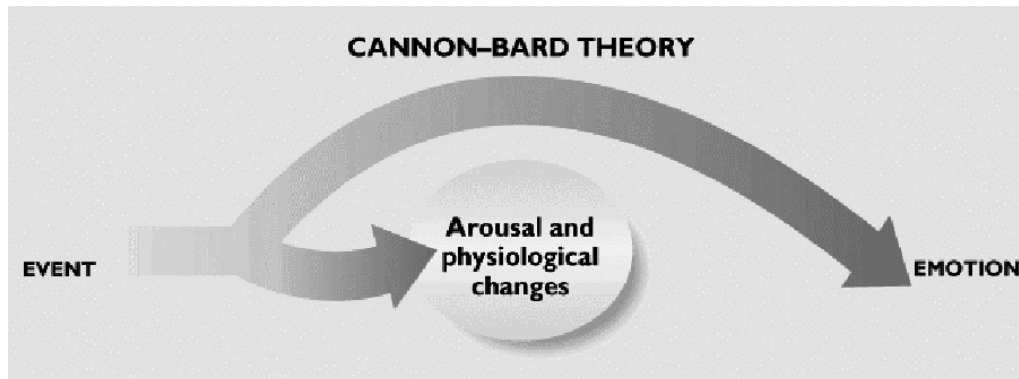
FUENTE: Tomado de <http://www.elmundodelasemociones.es/>

Posteriormente, hacia los años veinte del siglo XX, los científicos Walter Cannon y Philip Bard, desarrollaron una teoría alternativa a la de James-Lange ("Teoría del Cerebro Emocional de Cannon-Bard"), señalando que no es posible que las respuestas psicológicas se manifiesten con anterioridad y sean las causantes de la emoción, sino que por el contrario, las emociones son simplemente la reacción a un estímulo determinado, por lo cual el individuo experimenta las reacciones psicológicas y las emociones al mismo tiempo.

Cannon y Bard, llegaron a esta conclusión gracias a su experimentación con lesiones cerebrales en gatos. Sus experimentos se orientaron a demostrar la falsedad de la Teoría de James-Lange, demostrando que aún con la eliminación quirúrgica de las cortezas cerebrales los gatos podían experimentar rabia o lo que ellos denominaron "falsa rabia" (*sham rage*). (Dalglish, 2004).

De acuerdo con Cannon y Bard, las conclusiones de James no eran consistentes por cuanto se producen cambios viscerales en estados emocionales diferentes, e incluso en estados no emocionales y dado que la actividad autonómica y somática no genera la experiencia emocional, sino que acompaña a la reacción emocional y prepara para la acción, la emoción es una actividad más central (proveniente del S.N.C.) que periférica.

**FIGURA 2.17**  
*Teoría del Cerebro Emocional de Cannon-Bard*



FUENTE: Tomado de <http://www.elmundodelasemociones.es/>

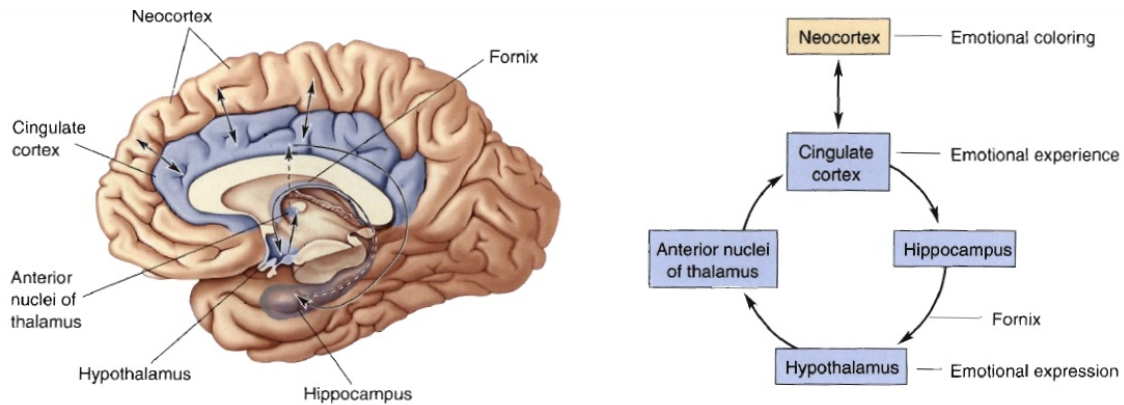
Las críticas de Cannon a la teoría periférica hicieron que los cambios autonómicos y somáticos dejaran de entenderse como antecedentes causales de la emoción (cuya percepción genera tanto la cualidad como la intensidad emocional) y pasaran a ser concomitantes homeostáticos de la misma (indicadores tan sólo de la intensidad emocional, que acompañan a la conducta emocional y preparan para la acción) (Cano-Vindel, 1997).

Esta teoría y en general los métodos utilizados por Cannon y Bard resultaron de gran utilidad para la neurociencia puesto que sentaron las bases de la investigación de las emociones a partir de las lesiones cerebrales y dieron la entrada a las teorías sobre los mecanismos neurales centrales de la emoción.

En esta línea de investigación, se destacan los hallazgos de James Papez, que en 1937 propuso un esquema de la estructura neural asociada al control de las emociones: El "Circuito de Papez".

Este esquema, que muchos científicos dicen debe ser atribuido en realidad a Christofredo Jakob (1908), señala que la información sensorial captada por el tálamo se separa en dos vertientes, la del pensamiento y la del sentimiento.

**FIGURA 2.18**  
*Circuito de Papez*



FUENTE: Okinawa Institute of Science, 2015.

La corriente del pensamiento se transmite desde el tálamo a las cortezas sensoriales y al hipotálamo. Cuando la información proveniente de estas dos estructuras es integrada por la corteza cingulada ocurre la experiencia emocional, es decir, las sensaciones se convierten en percepciones, pensamientos y posteriormente recuerdos. Papez, propuso que esta corriente continúa más allá de la corteza cingulada y va a través del hipocampo a los cuerpos mamilares del hipotálamo y de vuelta al tálamo anterior a través de estos mismos cuerpos.

La corriente del sentimiento, por otra parte, se transmite directamente desde el tálamo a los cuerpos mamilares, permitiendo la generación de emociones, que a través del tálamo anterior se comunican con la corteza cingulada. (LeDoux, 1998).

El aporte más relevante de Papez, se centra en que a partir de sus dos vías, propuso una comunicación bidireccional en la que la corteza cingulada juega un rol fundamental en la regulación de las respuestas emocionales.

Años más tarde, hacia 1949, aparece la Teoría MacLean o del Cerebro Triuno, que basada en los hallazgos de los científicos anteriores y en especial de Kluver y Bucy (que en 1939 descubrieron la relación entre los lóbulos temporales y la generación de

emociones), sugiere que el cerebro está compuesto por tres grandes estructuras, correspondientes con las etapas evolutivas del hombre.

En primer lugar se encuentra el cerebro reptil, que comprende los ganglios basales, el tallo cerebral y el sistema reticular. Este cerebro es el responsable de la conducta automática o programada, tales como las que se refieren a la preservación de la especie y a los cambios fisiológicos necesarios para la supervivencia. En este lugar, señala el investigador, no se piensa ni se siente, simplemente se actúa por ello, allí se asientan las bases de las experiencias emocionales más primitivas como el miedo o la agresión.

En segundo lugar, se sitúa el cerebro límbico, originalmente denominado “cerebro visceral” y considerado por muchos autores como el cerebro afectivo. Comprende algunas de las estructuras señaladas por Papez y añade la experiencia actual y reciente a los instintos básicos mediados por el cerebro reptil, es decir, permite que los procesos de supervivencia básicos del cerebro reptil interactúen con elementos del mundo externo, lo que resulta en la expresión de las emociones.

Finalmente, se encuentra el cerebro neomamífero o neocorteza, considerado el cerebro más evolucionado. Allí se lleva a cabo los procesos intelectuales superiores del individuo, lo cual le permite regular emociones específicas basadas en las percepciones e interpretaciones del mundo inmediato. (Dalglish, 2004).

La idea esencial de MacLean es que las experiencias emocionales son producto de la integración de los estímulos externos y las respuestas corporales, cuya retroalimentación es posible gracias a la existencia del cerebro límbico.

En 1962, Stanley Schachter y Jerome Singer proponen una teoría que daría lugar a una orientación cognitiva del estudio de las emociones, según la cual la emoción es consecuencia de una serie de proceso cognitivos.

La Teoría de Schachter y Singer, sugiere que la experiencia de una emoción requiere tanto de una respuesta corporal como de una interpretación de esa respuesta de acuerdo con la situación particular del individuo en el momento en que experimenta la

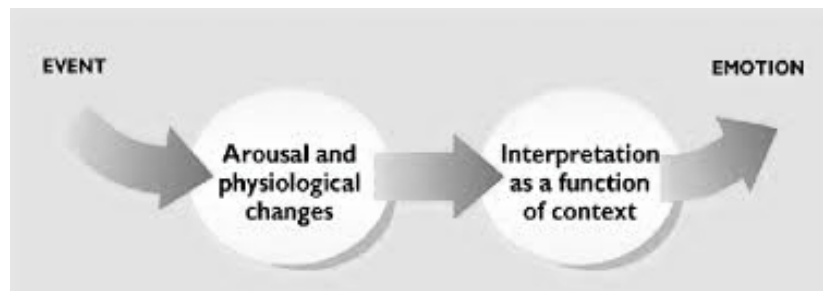
emoción, argumentando que el cuerpo puede generar respuestas iguales antes dos situaciones contextualmente opuestas.

Según esta teoría, las emociones surgen por la acción conjunta de dos factores (teoría bifactorial): la excitación fisiológica y la interpretación cognitiva de los estímulos situacionales. (Cano-Vindel, 1997).

Se supone que el individuo percibe su excitación fisiológica y busca una explicación a la misma, atribuyéndola a las claves situacionales que está viviendo. Sólo si hay reacción fisiológica y puede atribuir su excitación a la situación, surgirá la emoción. La ausencia de cualquiera de los dos factores, impedirá que la emoción tenga lugar.

FIGURA 2.19

*Teoría de los dos Factores de Schachter y Singer*



FUENTE: <http://www.elmundodelasemociones.es/>

En 1968, Lang propone la existencia de tres sistemas de respuesta emocional (cognitivo, fisiológico y motor), dado que las respuestas de uno de estos tres tipos correlacionan o covarían mejor entre sí que con las respuestas de otro sistema. Este modelo es hoy comúnmente aceptado y se conoce como “Teoría de los Tres Sistemas de Respuesta Emocional”.

A pesar de que muchos investigadores señalan que no se trata de una teoría en sí misma es importante resaltar que su principal aportación se basa en señalar que la emoción es una respuesta y que los datos apuntan a la existencia de tres sistemas de respuesta relativamente independientes.

A partir de esta “teoría”, se han estudiado una serie de fenómenos que muestran que la emoción deja de ser un constructo unitario y resulta imprescindible que cualquier modelo de la emoción tenga en cuenta las manifestaciones en los tres sistemas de respuesta. (Cano-Vindel, 1997).

Esta propuesta de interacción entre emoción y cognición ha dado lugar un sinnúmero de investigaciones en las que los autores se posicionan a favor o en contra, apoyando la existencia de emoción en ausencia de cognición como Zajonc (1980) o argumentando la imprescindible necesidad de cognición para la interpretación de la emoción como Lazarus.

Ya en tiempos más modernos, otros investigadores se han venido sumando a esta disciplina. Uno de los más destacados en la era moderna, es Damasio, que en 1991 acuña el término de marcador somático para referirse a la reacción psicológica del individuo en función de eventos previos emocionalmente significativos para él.

Según Damasio, estos marcadores proveen una señal procesada por la corteza prefrontal, que impulsa al individuo a tomar una decisión con base en el bagaje emocional de una situación previa asociada a la actual. (Damasio, 1996. Bechara, 2004).

Investigadores con Nauta y Pribram han trabajado en teorías similares a las de Damasio, que apoyan la hipótesis del marcador somático y continúan aportando al estudio de las emociones y si bien aún no se ha determinado con exactitud la forma en que se procesan las emociones, se espera que los avances tecnológicos y la continuidad en la actividad investigadora arrojen respuestas que contribuyan con un conocimiento más profundo de las emociones humanas y su influencia en la interpretación de los individuos del mundo que les rodea.



**TABLA 2.11**  
*Evolución Teórica de la Neurociencia Afectiva*

TEORÍA	DESCRIPCIÓN
<b>Caso de Phineas Gage</b> John Harlow, 1868	Primer Caso clínico de Neurociencia Afectiva. Describió la importancia de la corteza prefrontal en el razonamiento, la toma de decisiones y el procesamiento de las emociones.
<b>Teoría de James &amp; Lange</b> William James, Carl Lange, 1884 -1885	La emoción tiene lugar una vez el individuo interpreta las respuestas fisiológicas desencadenadas [en su cuerpo], de forma automática, por la percepción de un estímulo. La respuesta biológica modula la intensidad de la emoción.
<b>Teoría del Cerebro Emocional de Cannon-Bard</b> Walter Cannon y Philip Bard, 1920	No es posible que las respuestas psicológicas se manifiesten antes y sean causantes de la emoción. Las emociones son la reacción a un estímulo. El individuo experimenta las reacciones psicológicas y las emociones al mismo tiempo.
<b>Circuito de Papez</b> James Papez, 1937	Esquema de la estructura neural asociada al control de las emociones. La información sensorial captada por el tálamo se separa en dos vertientes, la del pensamiento y la del sentimiento.
<b>Teoría MacLean o del Cerebro Triuno</b> Paul MacLean, 1949	El cerebro está compuesto por tres grandes estructuras, correspondientes con las etapas evolutivas del hombre. Cerebro Reptil, Cerebro Límbico y Cerebro Neomamífero.
<b>Teoría de Schachter &amp; Singer</b> Stanley Schachter y Jerome Singer, 1962	Las emociones surgen por la acción conjunta de dos factores (teoría bifactorial): la excitación fisiológica y la interpretación cognitiva de los estímulos situacionales.
<b>Teoría de los Tres Sistemas de Respuesta Emocional</b> Peter Lang, 1968	La emoción no es un constructo unitario, por ello es imprescindible que cualquier modelo de la emoción tenga en cuenta las manifestaciones en los tres sistemas de respuesta (cognitivo, fisiológico y motor).
<b>Teoría de Zajonc</b> Robert Zajonc, 1980	Los sistemas afectivo y cognitivo son independientes, el afectivo es más poderoso y siempre antecede al cognitivo.
<b>Appraisal Theory</b> Richard Lazarus, 1991	La emoción no existe sin la razón. Antes de que ocurra la emoción, el individuo hace una evaluación automática e inconsciente de lo que está sucediendo y lo que esto puede significar para él.
<b>Hipótesis Marcador Somático</b> Antonio Damasio, 1996	Propone un mecanismo por el cual las emociones pueden guiar o sesgar el comportamiento de los individuos. Se trata de la asociación entre estímulos, que induce estados fisiológicos afectivos anticipadores, que influyen en el proceso de razonamiento y la toma de decisiones.

FUENTE: Elaboración Propia

### **2.4.2.2 EMOCIÓN. CONCEPTOS BÁSICOS.**

Antes de empezar la explicación de los mecanismos neuronales que subyacen a la percepción, procesamiento y regulación de las emociones, es importante contar con un sustento teórico en relación con el concepto de emoción y la forma en que las emociones se perciben y representan tanto a nivel corporal como a nivel cerebral.

#### **2.4.2.2.1 ¿QUÉ SON LAS EMOCIONES?**

Etimológicamente, el término emoción viene del latín *emotio*, *-ōnis*, que significa "el impulso que induce la acción". De acuerdo con la Real Academia Española de la Lengua, se entiende por emoción una alteración del ánimo intensa y pasajera, agradable o penosa, acompañada de una cierta conmoción somática (RAE, 2015).

William James, en su célebre escrito titulado *¿Qué es la emoción?*, de 1884, señaló que se trata de experiencias conscientes o sensaciones subjetivas que pertenecen a la esfera de la mente. (Berridge & Winkelman, 2003).

Si bien esta definición concreta se considera un avance en el ámbito de la Neurociencia Afectiva, es un hecho que definir lo que es una emoción no ha sido fácil. Cada autor investiga la emoción desde su perspectiva brindándonos en su definición su forma particular de ver este fenómeno, por esto, son numerosas las definiciones provistas a lo largo de la historia.

Para algunos autores, las emociones son fenómenos complejos multifactoriales que ejercen una poderosa influencia sobre el comportamiento de las personas y posibilitan su adaptación al medio (Moltó, et al., 1999; Ostrosky & Velez, 2013). Mientras que otros sugieren que las emociones son estados mentales que se producen cuando las respuestas corporales son percibidas por el cerebro. (LeDoux, 1998), o simplemente respuestas corporales en el marco de la lucha por sobrevivir.

En el contexto de la Neurociencia Afectiva, el concepto de emoción se ciñe a conceptos neurobiológicos (Damasio, 1996). En este marco, Antonio Damasio, reputado neurólogo exponente de la materia, sugiere que las emociones son conjuntos complejos de respuestas químicas y neurales que forman una pauta. Son procesos biológicamente determinados, dependientes de conjuntos de dispositivos cerebrales innatos proporcionados por una larga historia evolutiva. (Damasio, 2000).

Así mismo, el autor subraya la diferencia entre emoción y sentimiento, señalando que mientras la emoción, es esencialmente un programa motor no aprendido e innato, al que se añaden algunas estrategias cognitivas, que en conjunto tienen como finalidad la conducción de la vida; el sentimiento es siempre una cognición acerca de lo que sucede en la emoción, es decir, una cognición sobre aquello que nos emociona o en palabras de LeDoux (1998) “una emoción voluntaria”.

Dado que el objetivo de este trabajo no es contrastar la veracidad del sinfín de definiciones de emoción existentes, para los efectos del mismo, se asumirá el concepto de emoción de Damasio, que considera que una emoción es la combinación de un proceso mental de evaluación, y que las respuestas a ese proceso son dirigidas tanto al cuerpo dando como resultado un estado emocional, como al cerebro produciendo cambios mentales adicionales. En otras palabras, se asumirá que la emoción es la respuesta / reacción, tanto corporal como cerebral, a un proceso de evaluación mental [de un estímulo interno o externo].

No obstante, en el capítulo siguiente se discutirá acerca de las diferentes teorías de emoción acuñadas en el marco de la Neurociencia Afectiva, que no sólo han dado lugar a múltiples definiciones del término, sino que han abierto la puerta a un sinnúmero de investigaciones en relación con el papel de las emociones en los diferentes procesos que involucra el comportamiento humano.

Antes de estudiar estas teorías, bien vale la pena puntualizar en varios aspectos. como los tipos de emociones, sus componentes, sus dimensiones y sus diferentes funciones.

En relación con los ***Tipos de Emociones***, puede hablarse de:

- Emociones primarias. Consideradas como emociones básicas. Estas emociones son consideradas innatas y están presentes en todas las culturas (ira, miedo, alegría tristeza, sorpresa y asco) (Ostrosky & Vélez 2013).
- Emociones Secundarias o Sociales. Que son la combinación de las emociones anteriores, las cuales dependen de la evaluación consciente, de la influencia directa del entorno social y que parten o surgen de la interacción con otras personas (Johnson-Laird & Oatley, 2000).
- Emociones de Fondo. Definidas como determinadas condiciones del estado interno generadas por procesos biológicos en marcha o por la relación del individuo con su medio. (Damasio, 1996, 2000. Bechara, 2005).

TABLA 2.12

*Clasificación de las Emociones*

Estados Conductuales	Estados Motivacionales	Emociones de Fondo	Emociones Básicas	Emociones Sociales
Aproximación	Recompensa	Depresión	Felicidad	Orgullo
Retirada	Castigo	Ansiedad	Miedo	Vergüenza
	Sed	Manía	Rabia	Lástima
	Hambre	Alegría	Asco	Culpa
	Dolor	Preocupación	Tristeza	Amor maternal
	Anhelo			Amor sexual
				Admiración
				Celos

FUENTE: Tomado de Adolphs, 2002. Traducción Propia.

En relación con los **Componentes de las Emociones**, debe decirse que la emoción puede entenderse como una experiencia emocional multidimensional compuesta por tres componentes:

- Fisiológico: Referido a los cambios asociados al sistema nervioso y a las reacciones corporales en respuesta de la emoción. (Winkielman, et al. 2007).
- Subjetivo: Centrado en el análisis que realiza el individuo acerca del evento o estímulo generador de la emoción. Se refiere al sentimiento subjetivo y/o al aspecto fenomenológico de la emoción
- Conductual: Relacionado con los cambios en la conducta derivados de la experiencia emocional.

Al hablar de **Dimensiones de la Emoción**, bien vale la pena aclarar que la medición de las emociones se mueve a través de dos dimensiones. La Valencia y La Excitación.

La Valencia, se refiere a que tan positivo o negativo resulta un evento o estímulo para un individuo, mientras que la excitación (“arousal” en inglés), se refiere al grado de activación que ese evento o estímulo genera en el individuo. De tal forma, que la valencia se mueve en una escala que va de negativo a positivo, mientras que la excitación se mueve en una escala de niveles que va desde un mínimo hasta un máximo. (Kensinger, 2004).

Finalmente, para referirse a las **Funciones de las Emociones**, es de resaltar que estas cumplen con una función biológica, ya que forman parte de los mecanismos biológicos con los que estamos equipados para sobrevivir (Damasio, 1996).

Esta función biológica es doble; la primera función es la producción de una reacción específica ante la situación inductora y la segunda es la regulación del estado interno del organismo de tal manera que pueda estar preparado para esa reacción concreta. (Damasio, 2000).

Con un poco más de especificidad, Edmund T. Rolls, señala las 8 funciones de las emociones (Rolls, 2000, 2014), así:

1. Las emociones preparan al organismo para la acción provocando respuestas tanto autonómicas (ritmo cardíaco) como endocrinas (liberación de adrenalina).
2. Las emociones flexibilizan las respuestas de comportamiento de acuerdo con los estímulos de refuerzo. Esto es, que las emociones implican la evaluación de un estímulo y la generación de estrategias de acción con base en la evaluación realizada. estrategias éstas que bien pueden cambiar conforme se modifique la evaluación del estímulo.
3. Las emociones tienen un efecto un motivador. Motiva a la acción.
4. Las emociones posibilitan la comunicación de estados emocionales a otros sujetos.
5. Las emociones posibilitan la vinculación social con otros sujetos o con el entorno que nos rodea.
6. Los estados emocionales pueden afectar la evaluación cognitiva de los acontecimientos o recuerdos, lo cual puede facilitar o dificultar la interpretación del valor de asociado a los estímulos.
7. Las emociones facilitan el almacenamiento de recuerdos. Más específicamente, las emociones facilitan el funcionamiento de la memoria episódica lo cual ayuda a un mejor almacenamiento de los detalles de acontecimientos con carga emocional.
8. Finalmente, las emociones facilitan la evocación de recuerdos almacenadas en representaciones neocorticales. Proyecciones desde la amígdala hacia la corteza podrían realizarse de forma análoga en que el hipocampo permite la recuperación en el neocortex de los últimos recuerdos episódicos (Rolls, 1998).

Así las cosas, está claro que las emociones hacen parte intrínseca de nuestras vidas y que su asociación con los mecanismos de supervivencias las hacen un lujo del cual no es posible prescindir. No obstante, el cuestionamiento subyace en la evolución a partir de esta función de supervivencia a una más elaborada en la que se dan respuestas emocionales a estímulos que no suponen para nada una amenaza a nuestra supervivencia.

La respuesta a este interrogante se deriva del desarrollo de los individuos y su relación con lo que les rodea. Dado que los estímulos que desencadenan una respuesta emocional son ajenos a la maquinaria neural que produce un estado emocional, no se restringen a la evolución biológica del cerebro, sino que se ven influenciados por el desarrollo social y cultural del individuo.

Esto es, que conforme se desarrollan y relacionan, los organismos van ganando experiencia fáctica y emocional en relación con los diferentes objetos y situaciones de su entorno y por ello tienen la oportunidad de asociar muchos objetos y situaciones que habrían sido emocionalmente neutros con los objetos y situaciones que están naturalmente prescritos para causar emociones y la consecuencia de ampliar el valor emocional a los objetos que biológicamente no estaban prescritos para tener una carga emocional es que el rango de estímulos que puede inducir emociones se torna potencialmente infinito. (Damasio, 2000. Bechara & Damasio, 2005).

#### **2.4.2.2.2 ¿CÓMO SE GENERAN LAS EMOCIONES?**

Una visión resumida del proceso señala tres pasos fundamentales:

1. Puesta en marcha del organismo por un inductor de la emoción, como por ejemplo un objeto concreto procesado visualmente (representaciones visuales de un objeto).
2. Activación de las localizaciones neurales preparadas para responder al tipo concreto de inductor al que pertenece el objeto, luego de ser su imagen procesada.
3. Disparo de un cierto número de señales hacia otras localizaciones cerebrales y hacia el cuerpo, como consecuencia del paso anterior. (Damasio, 2000).

En palabras más coloquiales, lo que sucede es que percibimos un estímulo y lo procesamos de acuerdo con su origen para generar una representación suya en nuestro cerebro. Acto seguido, nuestro cerebro busca referencias en relación con esa representación para ver si hay alguna respuesta preparada para ese estímulo

particular o en su defecto, se generan nuevas respuestas, que son emitidas en forma de señales químicas y neurales, autónomas y motoras.

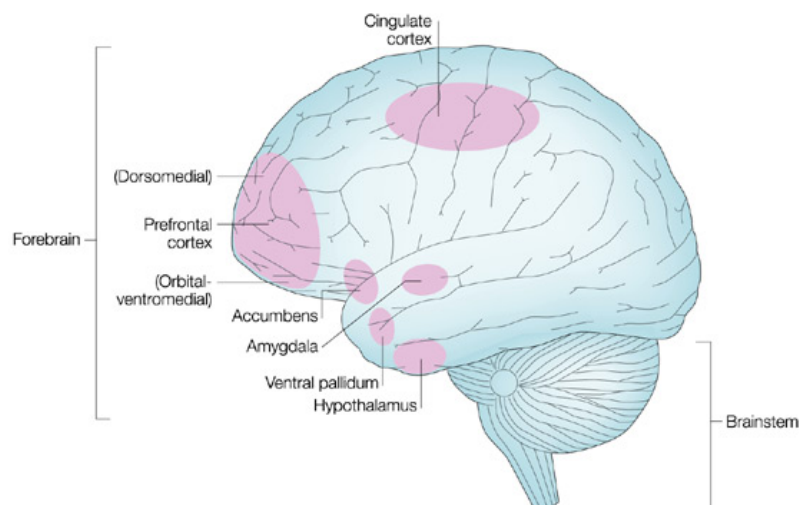
El sustrato para la representación de las emociones es una colección de disposiciones neurales en un número de regiones cerebrales localizadas en su mayoría en los núcleos subcorticales del tallo cerebral, el hipotálamo, el cerebro basal anterior y la amígdala (Damasio, 2000), denominadas estructuras somatosensoriales.

En realidad, muchas partes del cerebro son activadas ante estímulos emocionales, esto incluye partes del neocortex, como las zonas ventromedial y orbitofrontal de la corteza prefrontal, la corteza cingulada y la corteza temporal así como estructuras subcorticales como la amígdala, el nucleus accumbens, el hipotálamo y algunas estructuras del tallo cerebral. (Berridge & Winkielman, 2003) y su función e importancia serán analizadas con mayor profundidad en un apartado posterior.

Sin embargo, bien vale aclarar que cada una de estas zonas juega papeles diferentes en el proceso y que su activación (que bien puede asociarse al procesamiento del estímulo) no implica una correlación con la reacción del individuo.

**FIGURA 2.20**

*Estructuras clave para el procesamiento de las emociones*



FUENTE: Dagleish, 2004.



Estudios realizados tanto en animales como en humanos señalan que aunque las estructuras corticales como la zona orbitofrontal de la corteza prefrontal o la corteza cingulada se activan en el proceso, su lesión no limita la capacidad de generar reacciones emocionales. (Damasio, 1996, 2000, 2004).

Bien, volviendo con el proceso, una vez las regiones implicadas se activan, se representa en el cerebro una emoción concreta como “objeto neural” y se originan respuestas explícitas que modifican tanto el estado del cuerpo como el estado de otras regiones cerebrales.

Al hacerlo, dichas respuestas crean un estado emocional, observable externamente y permiten al organismo internamente contar con una representación del estímulo y la sensación de las consecuencias del mismo.

Los cambios que el estado emocional genera en el cuerpo, de acuerdo con Damasio se derivan de lo que él denomina “bucle corporal”, que no es más que la transmisión de señales químicas y/o neuronales que cambian el paisaje corporal. (Damasio, 1996).

En cuanto a los cambio en el estado cognitivo, producidos por la liberación de sustancias químicas en las estructuras somatosensoriales y su consecuente distribución a otras zonas del cerebro, generan alteraciones en el individuo tal que se inducen comportamientos, se inhiben o resaltan selectivamente las señales corporales modificando su cualidad o incluso se modifica la forma de procesamiento de los estímulos en función del beneficio del individuo.

Como resumen del proceso, Damasio plantea que un estado emocional parte de un estímulo emocional competente, que el organismo evalúa de forma automática como favorable o no.

Esta evaluación, toma la forma de un complejo conjunto de reacciones fisiológicas asignadas en el cerebro. A partir de ese mapa, la emoción surge como una idea del cuerpo que se percata de ser perturbado por un proceso emocional. (Damasio, 1996).

El proceso descrito, permite al individuo sufrir una emoción, representarla en su mente y manifestarla, lo cual no es más que sentir una emoción. Sin embargo, ¿todas las emociones se sienten de forma consciente? ¿Es el individuo capaz de identificar cada uno de los estímulos que desencadenan la sensación o discriminar el proceso en sí mismo? Con el fin de dilucidar este cuestionamiento es preciso hablar de las emociones conscientes y las emociones inconscientes.

#### **2.4.2.2.3 EMOCIONES CONSCIENTES VS. EMOCIONES INCONSCIENTES**

Al hablar de conciencia nos referimos a un fenómeno completamente privado, en primera persona del singular, mediante el cual se genera el conocimiento de que dentro del individuo que las forma, existen imágenes, que se sitúan en la perspectiva del organismo, a las que se atribuye una representación que permite posteriormente manipularlas en beneficio propio. (Damasio, 2000).

Esto significa que nos hacemos conscientes cuando los artefactos de representación del organismo exhiben un tipo de conocimiento no verbal, paralelo a la representación de un objeto y dicho conocimiento deriva en el saber que el propio estado del organismo se ha visto cambiado a causa del objeto (estímulo).

En este sentido, nos hacemos conscientes de una emoción cuando somos capaces de identificar el estímulo que desencadena el estado emocional, la representación del estímulo o su significancia en nuestro contexto y/o la respuesta que se genera.

La primera aproximación a la conciencia de las emociones se deriva de la teoría de las emociones de William James (1884), que señaló que las emociones son experiencias conscientes del individuo. A partir de allí, se generaron dos corrientes teóricas a favor y en contra de esta afirmación, de las que se hablará a continuación.

### ***Emociones Inconscientes***

En relación con la inconsciencia de las emociones, los primeros teóricos se sitúan a mediados del siglo XX, cuando el movimiento de psicólogos denominado “New Look” puso en jaque las premisas de la psicología conductual, señalando que los sujetos pueden generar respuestas del Sistema Nervioso Autónomo, ante estímulos cargados de contenido emocional, en ausencia de consciencia en relación con dicho estímulo (LeDoux, 1998).

Esta corriente teórica, fue duramente criticada e incluso ignorada por teóricos como Eriksen o Fridja, argumentando que no es posible tener emociones inconscientes puesto que las emociones en sí mismas envuelven experiencias y no se puede tener experiencias que no sean experimentadas o lo que es lo mismo las emociones no pueden ser inconscientes porque deben sentirse y los sentimientos son por definición conscientes. (Berridge & Winkielman, 2003).

Tras este fuerte debate, las investigaciones en este ámbito fueron abandonadas por cerca de dos décadas, hasta que hacia los años setenta empezó a surgir de nuevo el interés por este tipo de emociones, de la mano de Zajonc, Bargh y Erdelyi principalmente.

Uno de los aportes más relevantes en relación con las emociones inconscientes es la Teoría de la Mera Exposición (Mere-Exposure Effect), desarrollada por Robert Zajonc, que sugiere que la exposición repetida de un individuo a un objeto o estímulo refuerza su actitud respecto a él. (Zajonc, 1968). Esto es, que la exposición repetida a un estímulo generará una reacción emocional sin importar que el individuo sea consciente del estímulo, ni de la reacción.

De acuerdo con Zajonc, todas las emociones se experimentan, lo que sucede cuando se suscita una emoción inconsciente es que el individuo experimenta un estado, sin saber su procedencia, es decir, es inconsciente de su causa. Este fenómeno, ha sido denominado emoción de libre flotación (free-floating affect). (Berridge & Winkielman, 2003).

No obstante, no siempre que sentimos sin saber porque (cómo en el caso de los coloquialmente conocidos como presentimientos), se trata de una emoción inconsciente, puesto que para que una emoción sea inconsciente debe cumplir tres requisitos:

- Debe haber sido causada por un evento inconsciente, tal como un estímulo subliminal.
- La emoción causada inconscientemente debe experimentarse como difusa (imprecisa).
- La emoción puede ser atribuida a cualquier objeto o persona disponible para el individuo.

Un buen ejemplo para verificar las demandas de Zajonc para una emoción inconsciente bien puede ser el de una persona que asiste a un concierto de música clásica. Al oír la persona el Danubio Azul su cerebro procesa el estímulo auditivo y encuentra una referencia previa al mismo en relación con un evento en el cual veía llorar a su madre al oír esta canción, de tal forma que se dispara una respuesta en forma de tristeza, que el individuo atribuirá a la maestría del pianista en su interpretación. (Zajonc, 1968).

Estudios posteriores fueron realizados con base en los hallazgos de Zajonc, como los adelantados por Bornstein (1989), quien señaló que el Efecto de la Mera Exposición se ciñe a los valores del tiempo y la frecuencia, de tal forma que la preferencia a los estímulos se estabiliza ante determinado número de repeticiones. (Briñol, 2000)

Otro aporte importante en el ámbito de las emociones inconscientes, ha sido el hallazgo en relación con que las emociones generadas en forma inconsciente, guardan coincidencia con aquellas generadas de modo consciente, puesto que requieren de un estímulo que las genere, manifiestan valencia en ambas direcciones, que persiste por al menos un corto tiempo después de la respuesta al estímulo, sin importar si la respuesta es comportamental o fisiológica. (Berridge & Winkielman, 2003).

Más recientemente, una nueva tendencia en el ámbito de la conciencia de las emociones, ha sido propuesta por Kihlstrom, que ha acuñado el término “inconsciencia cognitiva” para señalar la existencia de fenómenos psicológicos en los que se ejecutan procesos cognitivos que ocurren en ausencia de conciencia. (Kihlstrom, 1987).

A la fecha y gracias a las nuevas tecnologías aplicadas por la neurociencia afectiva, puede decirse que contamos con evidencia en relación con la existencia de emociones inconscientes o implícitas, referidas al cambio en la experiencia del pensamiento o la acción atribuibles al estado emocional de un individuo independientemente de su conciencia del mismo, es decir, aquellas activadas sin reconocimiento consciente del estímulo que la impulsa, ni de la activación de la maquinaria neural que subyace al proceso.

Así las cosas, con evidencia en mano sólo restaría tratar dos de los conceptos más relacionados con las emociones inconscientes; la memoria implícita y la percepción implícita, conceptos estos, que se enmarcan en lo que se denomina inconsciencia cognitiva, es decir, todas las operaciones cognitivas implícitas relacionadas con las reacciones emocionales inconscientes y que serán tratados en un capítulo posterior.

### ***Emociones Conscientes***

Tal como se mencionó al comienzo de este apartado, la conciencia se refiere a la capacidad de conocer el proceso detrás del procesamiento de un estímulo de carácter emocional (Damasio, 2000), por lo cual, tal como dice LeDoux la definición de una emoción consciente resulta demasiado fácil, pues simplemente resulta de percatarse de que un sistema cerebral ha sido activado. (LeDoux, 1998).

De acuerdo con LeDoux, la idea de conciencia es posible gracias a la representación de la experiencia en un espacio de trabajo cognitivo que involucra áreas neocorticales especialmente localizadas en la corteza prefrontal y parietal.

Su idea se centra en que las emociones se hacen conscientes cuando los estados globales del organismo (el estímulo, su contexto, memorias asociadas al estímulo, etc), son representados en un espacio de trabajo cognitivo. (LeDoux, 2012).

En este sentido, la capacidad de ser consciente de la emoción se deriva de múltiples factores, como la atención al estímulo y su significado particular.

La capacidad de atender a los estímulos puede establecerse a partir de la capacidad del organismo de orientarse a ellos, mientras que su significado viene dado por las experiencias previas del individuo que atribuyen un mayor o menor valor a la representación del estímulo.

En este punto, bien vale la pena aclarar que existen diferentes niveles o tipos de conciencia. De una parte se encuentra la **Conciencia Central**, que proporciona al organismo la sensación de ser en un momento (el aquí) y en un lugar (el ahora) y de otra parte, está la **Conciencia Ampliada**, que proporciona al individuo una sensación elaborada de ser (una identidad) y lo sitúa en un punto del tiempo histórico, profundamente consciente del pasado vivido y del futuro anticipado y agudamente conocedora del mundo que la rodea. (Damasio, 2000).

La importancia de la conciencia central radica en que cualquier contenido de la mente puede dispararla, puede ser usada por cualquier sistema sensorial o motor para generar conocimiento sobre cualquier objeto, que tras ser procesado, generará implícitamente la activación de la conciencia ampliada con el fin de reactivar los recuerdos autobiográficos almacenados en relación con el estímulo percibido.

La atención actúa sobre la conciencia, de tal forma que habiendo foco de atención, el individuo será consciente tanto del estímulo desencadenante como del estado corporal desencadenado.

Aunque para algunos autores, no es importante la experiencia consciente de las emociones, la conciencia de las propias emociones es importante en términos de integración con los procesos cognitivos ya que de no existir un mecanismo capaz de

hacer conscientes los sentimientos emocionales, no sería posible tener un control intencional de las respuestas y expresiones emocionales (Lehrer, 2010).

Para concluir, es preciso resaltar que las emociones pueden dispararse no conscientemente, con pensamientos no atendidos o con predisposiciones desconocidas, así como con aspectos imperceptibles de nuestros estados corporales (Damasio, 2000), pero independientemente de la conciencia de las emociones, el mecanismo cerebral que subyace a la generación de la respuesta emocional es el mismo y se ejecuta siempre sin modificación alguna.

#### **2.4.2.3 BASES NEURALES DEL PROCESAMIENTO EMOCIONAL**

La mayoría de las estructuras cerebrales participantes en el proceso de reconocimiento de las emociones se involucran tanto en procesos perceptuales (vg. identificación geométrica de las características faciales para discriminar de acuerdo con su apariencia entre los estímulos conocidos) como en el reconocimiento del significado emocional del estímulo en cuestión.

El reconocimiento de un estímulo emocional conecta la capacidad de distinguir las propiedades perceptuales del estímulo, con el proceso de conocimiento del mismo, ya sea partiendo de una base semántica (lexical label), del reconocimiento de la respuesta orgánica al mismo o derivado de una experiencia propia asociada al estímulo. (Adolphs, 2002).

En esta afirmación de Adolphs, deben diferenciarse dos puntos importantes. De una parte, el hecho de que reconocer el carácter emocional de un estímulo pasa por percibirlo, para luego interpretarlo y de otra parte, que dicha interpretación supone la elaboración de una representación disposicional (si se trata de un estímulo nuevo para el individuo) o la asociación de una representación previamente elaborada derivada de una experiencia anterior del individuo.

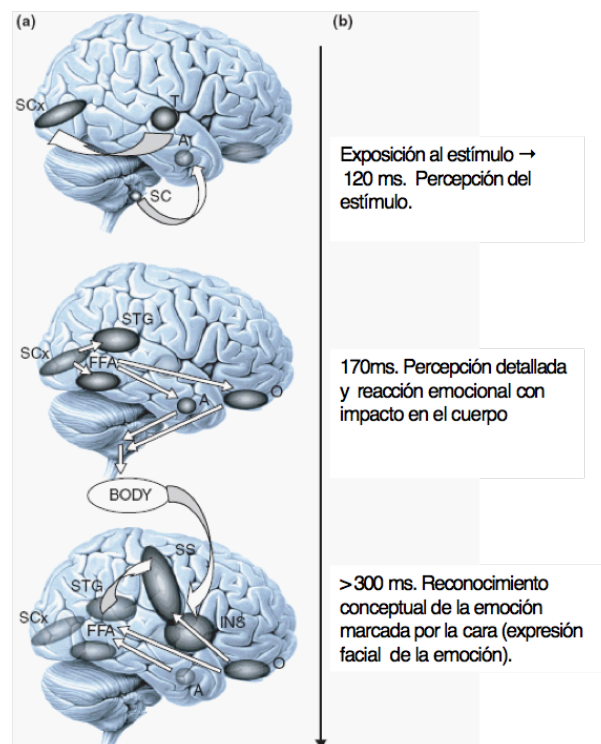
Así mismo, es de resaltar que el reconocimiento puede derivarse de la respuesta orgánica del individuo ante el estímulo, con lo cual Adolphs concuerda con Damasio, al señalar la posibilidad de acción de los marcadores somáticos en la generación de respuestas automáticas inconscientes.

En lo que respecta a las bases neurales de dicho reconocimiento, debe decirse que dentro de las estructuras identificadas en el proceso, se encuentran estructuras como el tronco cerebral, hipotálamo, prosencéfalo basal, amígdala, corteza prefrontal ventromedial y la corteza cingulada (Damasio, 1996. Bechara, 2004. Rolls 1999). Cada una de estas estructuras, envuelta en múltiples tareas, lo cual excluye la posibilidad de asignación de un rol único dentro del proceso para cada una de ellas.

Tomando como ejemplo de reconocimiento de un estímulo emocional, señalaremos a continuación el proceso que se lleva a cabo a nivel neural para el reconocimiento de una emoción derivada de la expresión facial de un tercero.

FIGURA 2.21

*Esquema del Proceso de Reconocimiento de un estímulo emocional en función del tiempo*





*(a) Estructuras implicadas en el reconocimiento de emociones en distintos momentos. A: amígdala. FFA: área fusiforme. INS: ínsula. O: corteza orbitofrontal. SC: colículo superior. SCX: corteza estriada. SS: corteza somatosensorial. STG: circunvolución temporal superior. T: tálamo.*

*(b) Evolución temporal del reconocimiento del estímulo emocional, desde la aparición del estímulo en la parte superior, a través de la percepción y el reconocimiento final de la emoción en la parte inferior.*

*Los intentos para localizar la percepción / reconocimiento de los estímulos en el espacio o el tiempo se dificultan por el hecho de que las mismas estructuras cerebrales participan en los diferentes componentes de procesamiento en diferentes puntos en el tiempo. Muchos de los mecanismos descritos se implican al reconocer las emociones de otras clases de estímulos, tales como la prosodia o los estímulos auditivos.*

*FUENTE: Tomado de Adolphs, 2002. Traducción Propia.*

Según LeDoux (1996) la activación de sistemas emocionales básicos es más o menos independiente de la conciencia. La información acerca de un estímulo que produce miedo viaja a través de las vías sensoriales y se bifurca en circuitos paralelos córtico y subcorticales en los niveles talámicos y mesencefálicos.

En la ruta subcortical, que mediaría la respuesta no consciente, la información procedente del tálamo alcanzaría el núcleo lateral de la amígdala, después el basolateral, y de aquí pasaría al núcleo central. Mediante las conexiones que la amígdala mantiene con el hipotálamo se produciría la respuesta emocional correspondiente, sin que hasta el momento la información hubiera alcanzado la corteza y hubiera mediación consciente. (Ostrosky & Vélez, 2013).

En cuanto al aspecto consciente de las emociones, las estructuras involucradas incluyen la porción anterior del cíngulo, la corteza prefrontal orbital y ventromedial, el lóbulo temporal y la ínsula. (Ostrosky & Vélez, 2013).

Continuando con el ejemplo del reconocimiento del estímulo emocional visual, a continuación se señalará el papel e importancia de las principales estructuras implicadas en el proceso:

### Cortezas Visuales

Las regiones corticales de los lóbulos occipital y temporal posterior, desempeñan un papel fundamental en el proceso de percepción de los estímulos visuales. De hecho, diversos estudios, han demostrado la participación de las áreas corticales en las partes laterales de los giros fusiforme, inferior occipital y superior temporal. (Adolphs, 2002).

Dado que los seres humanos hacemos representaciones visuales de los estímulos auditivos (las denominadas representaciones disposicionales de las que habla Damasio), la activación de estas estructuras es visible igualmente cuando el estímulo contiene palabras con posibilidad de asociación visual.

Tal como se ha mencionado, no es fácil asignar una tarea única a cada una de las estructuras del cerebro involucradas en el proceso de reconocimiento, no obstante, estudios realizados a través de FMRI han evidenciado que el giro fusiforme, se relaciona con la representación de las características estáticas del estímulo visual (vg. rasgos faciales), entendiendo esta actividad como la codificación de la identidad del estímulo. (Goldstein, 2010).

Así mismo, se ha atribuido al giro superior temporal, la interpretación de las características dinámicas del estímulo, con lo cual su labor puede ser visible en la codificación de expresiones faciales o de la dirección de la mirada cuando el estímulo visual se restringe a un interlocutor.

De otra parte, se ha encontrado que la representación de un estímulo emocional en las cortezas visuales, está modulado por una retroalimentación de estructuras como la corteza orbitofrontal y la amígdala, que desarrollan un proceso de reconocimiento paralelo al anteriormente descrito, gracias al cual la emoción se categoriza con mayor precisión en términos de significado y relevancia para el individuo. (Pomerantz, 2008).

### Corteza Orbitofrontal

Estudios realizados demuestran que lesiones en la corteza orbitofrontal pueden generar incapacidad en el reconocimiento de emociones visuales (rostros) o auditivas (voces). En contraste con la función de la amígdala, las regiones prefrontales suelen activarse cuando los sujetos están involucrados en el desarrollo de una tarea cognitiva que requiere la identificación explícita de una emoción. Así mismo, estudios realizados por el Doctor Edmund Roll señalan que esta región se involucra en el aprendizaje de las emociones y el valor motivacional de los estímulos. (Rolls, 2004).

El rol especial de la corteza orbitofrontal se centra en su capacidad de recibir los mensajes de los sistemas sensoriales para determinar el estímulo que está siendo captado y desplegar un mecanismo de aprendizaje capaz de desarrollar una representación del estímulo para ser asociado con la situación en curso.

Cabe aclarar que en estudios realizados con neuroimágenes se ha encontrado implicación de la corteza orbitofrontal en la producción de estados afectivos en humanos demostrándose su activación durante la percepción de estímulos olfativos, gustativos, táctiles (O'Doherty, et al., 2000), identificación de voces e incluso ante la percepción de incertidumbre frente al resultado de una actividad. (Rolls, 2004).

Igualmente, se ha encontrado que esta corteza cumple un papel importante en la mediación de las respuestas autónomas que acompañan los cambios afectivos producto de estímulos emocionales, sugiriendo un rol relevante en la regulación de las emociones y del comportamiento. (Phillips, et al., 2003).

### Amígdala

Los estudios de la materia, apuntan que la amígdala se activa en respuesta a la inducción de estados emocionales tanto positivos como negativos. (Phillips, 2003). Participa en el reconocimiento de los estímulos emocionales mediante dos clases de respuesta: Una ruta subcortical a través del colículo superior y el pulvinar del tálamo y una ruta cortical a través del neocortex visual. Las funciones de la amígdala se relacionan con la consolidación de la memoria emocional y la evaluación de las emociones.

La amígdala y la corteza orbitofrontal participan en el proceso de reconocimiento de las emociones en tres vías:

1. Modulan la representación perceptual a través de retroalimentación. Este mecanismo contribuye afinando la clasificación de la expresión facial y la asignación de atención a algunas de sus características.
2. Promueven el conocimiento asociativo a través de la proyección de información a otras zonas del neocortex y del hipocampo. Esta función contribuye especialmente con la recuperación del conocimiento conceptual en relación con la emoción.
3. Pueden generar una respuesta emocional en el individuo, a través de las conexiones con estructuras motoras, el hipotálamo y núcleo del tronco cerebral.

Además de estas estructuras, cabe resaltar el papel del la Ínsula, implicada en la percepción de los estímulos emocionales especialmente negativos y el recuerdo de experiencias emocionales; del Giro Cingulado Anterior, responsable del procesamiento de la información emocional durante la activación y producción de estados afectivos; y del Estriado Ventral, importante en la asociación de estímulos con contenido emocional y eventos internos considerados recompensa para el individuo (Phillips, et al., 2003).

En lo que respecta a los estímulos auditivos, el estudio de la percepción aún no está tan desarrollado, no obstante, hay evidencia de que el procesamiento de la voz se lleva a cabo a nivel del cortex auditivo. (Goldstein, 2010).

En analogía con el proceso visual, las regiones corticales auditivas alrededor de la corteza auditiva primaria se encargan de procesar los detalles del estímulo auditivo como las señales vocales específicas. Así mismo, se ha encontrado un alto involucramiento de la región orbital y la corteza prefrontal en el procesamiento de estímulos de carácter emocional y algunos estudios con FMRI han resaltado la activación de la amígdala ante el procesamiento de este mismo tipo de estímulos.

La comprensión de los entresijos neurales del reconocimiento de las emociones en otras modalidades sensoriales es aún rudimentaria, en gran parte porque ninguno de los estudios ha investigado específicamente este tema. Estudios desarrollados con

animales, han demostrado que el procesamiento de los estímulos olfativos y gustativos involucran la activación tanto de la amígdala como de la corteza orbitofrontal, sin embargo en humanos, no se cuenta con ningún tipo de evidencia científica.

De otra parte, se ha evidenciado la activación de la amígdala humana ante estímulos olfativos y gustativos desagradables e igualmente la activación de la corteza orbitofrontal ante sensaciones agradables al tacto. (Rolls, 2004).

En el estudio de “Especialización cerebral para la música. Nueva evidencia sobre la Amusia congénita” (Brain specialization for music. New evidence from congenital amusia), realizado en 2001 por la Doctora Isabelle Peretz de la Universidad de Montreal, se señala que la música con alto contenido emocional puede generar reacciones físicas en el individuo, evidenciando la activación de estructuras paralímbicas que incluyen el estriado ventral, la amígdala y la corteza orbitofrontal. No obstante, el estudio no pudo discernir los mecanismos utilizados en la categorización de las emociones.

Para concluir este apartado, vale la pena resaltar las diferencias de género evidenciadas en la percepción de las emociones. Al respecto, en estudios realizados con FMRI, se ha encontrado que al restar los valores de activación de los hombres de los de las mujeres, se detectan cambios de señal positivos en el cíngulo posterior derecho, el putamen izquierdo y el cerebelo izquierdo, durante la inducción del estado emocional derivado de estímulos positivos, y en la circunvoluciones temporal superior bilateral y vermis cerebeloso durante la inducción del estado emocional derivado de estímulos negativos. Por el contrario, al restar los valores de activación de las mujeres de los de los hombres no se encontró diferencias significativas. (Hofer, et al., 2006).

Así mismo, se ha podido evidenciar que las mujeres muestran una mayor asociación entre la evaluación de la activación emocional momentánea y la respuesta neuronal en la ínsula, encargada de representar sensaciones corporales, mientras que los hombres muestran correlaciones más fuertes entre sus evaluaciones de activación emocional momentánea y sus respuestas neuronales en la corteza visual. (Moriguchi, et al., 2013).

Igualmente, los hombres muestran una mayor conectividad funcional entre la corteza ínsula anterior dorsal y la corteza cingulada anterior dorsal, que constituye el circuito involucrado en la regulación de los cambios de atención en el entorno. (Moriguchi, et al., 2013). Estos resultados demuestran que la misma experiencia afectiva se realiza de forma diferente en diferentes personas, de tal manera que el procesamiento de las emociones de las mujeres es relativamente más auto-centrado, mientras que en los hombres este proceso es mucho más global y centrado en el entorno.

Finalmente, en relación con las diferencias de género relacionadas con el procesamiento de las emociones, debe decirse que diversos estudios señalan que aunque las mujeres son más precisas que los hombre en el reconocimiento de estímulos emocionalmente positivos, aunque no hay una diferencia entre hombre y mujeres en el reconocimiento de estímulos altamente expresivos. (Adolphs, 2002, McClure, 2000, Hoffman, et al., 2010).

#### **2.4.2.4 MECANISMOS REGULADORES DE LAS EMOCIONES**

La regulación de las emociones se refiere a la forma en la que intentamos influenciar las emociones que tenemos, cuando las tenemos y cómo experimentamos y expresamos esas emociones (Gross, 2008, 2013).

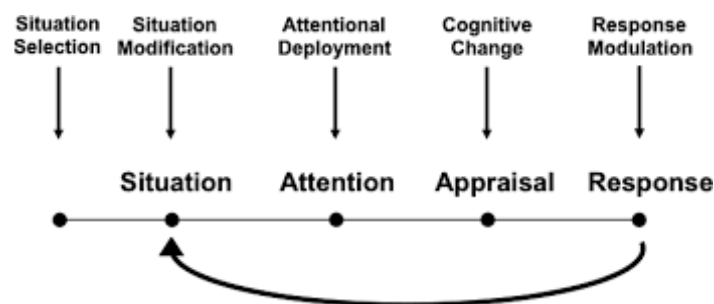
Pueden distinguirse dos mecanismos de regulación de las emociones. De una parte la regulación emocional intencional, referida a los intentos deliberados y con esfuerzo para controlar o modificar la propia emoción y de otra parte, la regulación emocional incidental, relacionada con formas no intencionales, inconscientes o automáticas de regulación de las emociones.

La mayor parte de la literatura relacionada con la regulación de las emociones se basa en el modelo diseñado por Gross (2008), que sugiere cinco estrategias de regulación de las emociones de acuerdo con la etapa en la que se encuentre el proceso de generación de la emoción;

1. Selección de la situación: tomar acciones para incrementar la probabilidad de estar en situaciones en las que esperemos tengan lugar las emociones que nos gustaría tener.
2. Modificación de la situación: Modificar la situación directamente con el fin de alterar su impacto emocional.
3. Despliegue de la atención: Influir en la respuesta emocional mediante la reorientación de la atención en una situación dada.
4. Cambio cognitivo: Cambiar una o más evaluaciones de manera que se altere el significado emocional de la situación, cambiando la forma en que se piensa sobre la situación en sí misma o sobre la propia capacidad para gestionar las demandas que plantea.
5. Modulación de la respuesta: Esta estrategia se ejecuta después de que se ha generado la respuesta al estímulo y supone un intento por influir en las respuestas fisiológicas o de conducta en forma relativamente directa.

FIGURA 2.22

*Cinco tipos de Estrategias de Regulación de las Emociones*



FUENTE: Tomado de Gross, 2013.

Las dos primeras estrategias, se refieren a un cambio en el entorno del individuo, mientras que las tres restantes se relacionan con estrategias de autocontrol ejercido por el mismo individuo sobre el estímulo al que está siendo expuesto.

La estrategia relacionada con la atención, así como la relacionada con la evaluación, son aquellas que requieren para su ejecución el uso de mecanismos neurales, por lo

cual suponen un mayor grado de autocontrol por parte del individuo cuando se realizan en estado consciente.

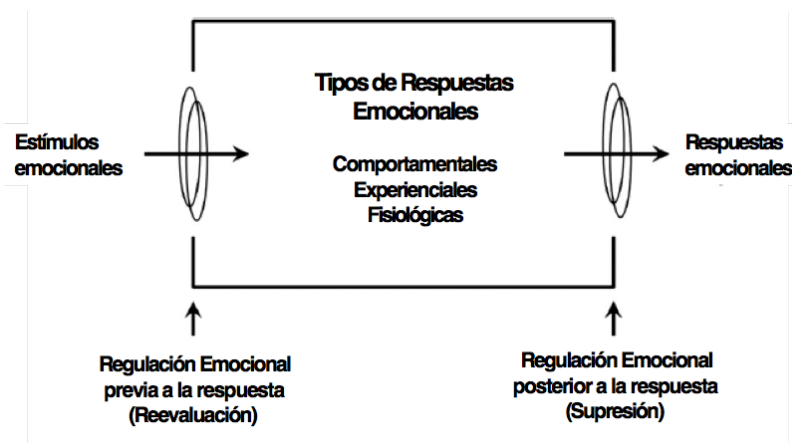
En relación con lo anterior, en los estudios realizados por Gross (2008), se ha encontrado que estas estrategias no sólo son usadas en forma consciente, sino que pueden dispararse como una respuesta automática ante un estímulo determinado, con lo cual se infiere la posibilidad de existencia de estrategias de regulación posicionadas como marcadores somáticos, manifestados de forma inconsciente.

En cuanto al momento en que se lleva a cabo la regulación, debe decirse que las emociones pueden ser reguladas antes de producirse la respuesta (“antecedent-focused”) o posterior a ella (“response-focused”).

En aquellos casos en los que la regulación emocional se genera posterior a la respuesta emocional, se habla de supresión comportamental o inhibición del comportamiento, es decir, el individuo busca comportamientos alternativos para dar respuesta a un estímulo emocional cuya respuesta considera poco ajustada al contexto en el que se encuentra. (Gross, 2008, 2013).

FIGURA 2.23

*Modelo del Proceso de Regulación Intencional de las Emociones*



FUENTE: Tomado de Lieberman, 2011. Traducción Propia.



Por el contrario, cuando la regulación se sucede antes de obtenerse una respuesta se habla de reevaluación del concepto del estímulo con el fin de promover una modificación en la respuesta ordinaria al mismo.

En términos neurológicos, estos dos mecanismos de regulación de emociones entrañan la participación de estructuras asociadas con las funciones cognitivas del individuo, así, en estudios realizados por Lieberman, se halló una activación de la corteza lateral prefrontal a nivel dorsal y ventral (DLPFC – VLPFC), ésta última en su lado derecho al ejecutar la tarea de descripción de estímulos (“putting feeling into words”) en la que se evidenció una reevaluación conceptual del estímulo inhibidora de una respuesta posterior (Lieberman, 2011).

En esta misma línea, el mismo Gross (2013) junto a autores como Ochsner y Braunstein, señala la importancia de la Amígdala en la asignación de valor / relevancia “afectiva” al estímulo percibido y a su vez enfatiza el papel del Estriado Ventral en la asignación del valor de la recompensa asociada al estímulo percibido.

Por su parte, Kohn y su equipo (2014), en su recientemente publicado meta-análisis sobre las estructuras neuronales asociadas a la regulación de las emociones, concluye que durante el proceso de regulación emocional, el giro superior temporal, el giro angular y el área motora son de gran relevancia para el procesamiento de la información enviada desde la corteza frontal.

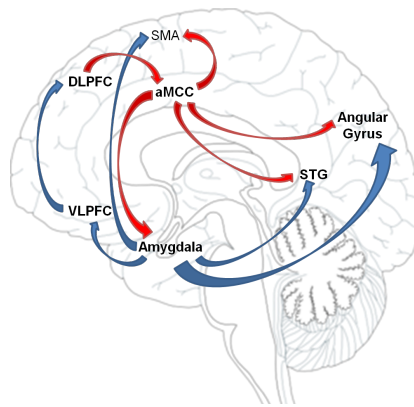
Por su parte, la corteza prefrontal dorsolateral está implicada en el procesamiento atencional, mientras que la corteza prefrontal ventrolateral envía señales de activación y la corteza cingulada media anterior, se encarga de la transmisión de la información emocional importante para la asociación de carga afectiva al estímulo percibido.

En resumen, Khon propone que que la corteza prefrontal ventrolateral, junto al área motora, el giro angular y el giro temporal superior reciben información acerca del grado de activación y contenido emocional del estímulo, procedente de la amígdala. La evaluación del estímulo se lleva a cabo en la corteza prefrontal ventrolateral que examina la necesidad de regulación emocional. Esta información es luego proyectada a la corteza prefrontal dorsolateral donde la regulación realmente ocurre.

Finalmente, la corteza prefrontal dorsolateral envía la señal vía cíngulo medial de regreso a la amígdala, la corteza motora, el giro angular y giro superior temporal que conduce las reacciones fisiológicas y de comportamiento en respuesta al estímulo en cuestión.

**FIGURA 2.24**

*Red Neural de Khon para la Regulación de las Emociones*



FUENTE: Khon, 2014.

De otra parte, se encontró que la diferencia entre las formas de regulación emocional intencional radica en el tiempo en el que se lleva a cabo la activación (antes o después de la respuesta) y en la activación de las estructuras relacionadas con el procesamiento de las emociones (Amígdala e Ínsula) en los casos en los que es preciso una re-evaluación del concepto asociado al estímulo.

En lo que se refiere a la regulación emocional incidental, aún no se cuenta con hallazgos significativos, dada la naturaleza inconsciente y automática de la regulación. Algunos autores como Phelps (1998), se han aventurado a estudiar esta vía a partir de ensayos de etiquetado de emociones (Affect Labelling) a partir del reconocimiento de rostros, evidenciando nuevamente la activación de la corteza dorsal lateral prefrontal y una asociación de ésta con la amígdala y la corteza anterior cingulada.

Para concluir este apartado, bien vale la pena resaltar las diferencias encontradas entre hombre y mujeres en lo que respecta a la regulación emocional.

Estudios realizados con FMRI con el fin de analizar las reacciones emocionales derivadas de imágenes negativas en términos de reevaluación cognitiva, se encontró que las mujeres muestran, en una fase inicial, activaciones en respuesta a estímulos aversivos, en la amígdala, la corteza prefrontal y la corteza temporal.

Durante el proceso de reevaluación cognitiva, se evidenció una disminución de las reacciones emocionales en contraste con la activación de zonas de la corteza orbitofrontal, la corteza cingulada anterior y la corteza prefrontal dorsolateral, en menor medida que los hombres, mientras que no hubo ningún efecto del sexo en la actividad de la amígdala.

En contraste, en comparación con las mujeres, los hombres mostraron un aumento de la activación de las áreas corticales de regulación durante el proceso cognitivo y un aumento en las reacciones emocionales iniciales, que se asoció con un aumento de la actividad de la amígdala. (Domes, et al., 2010).

De otra parte, estudios en la misma línea sugieren que en comparación con las mujeres, los hombres muestran una mayor activación en las áreas prefrontales asociadas con la reevaluación de los estímulos, menor activación en la amígdala, relacionados con la respuesta emocional y un menor compromiso de las regiones del estriado ventral, asociadas con el procesamiento de las recompensas. (McRae, 2008).

Del mismo modo, durante la regulación de emociones negativas, tanto hombres como mujeres mostraron una fuerte activación en las regiones prefrontales, incluyendo la zona dorsolateral izquierda y orbitofrontal lateral, así como el giro cingulado anterior, mientras que las mujeres mostraron una activación más fuerte en el giro orbitofrontal medial izquierdo. (Mak, et al., 2009).

En contraste, durante el proceso de regulación de emociones positivas, los dos géneros mostraron fuerte activación en el giro prefrontal dorsomedial izquierdo, sin embargo, se encontró una activación más fuerte en los hombres en el giro orbitofrontal izquierdo. (Mak, et al., 2009).

Esta investigación concluye que hay zonas cerebrales comunes para ambos géneros en la regulación emocional, sin embargo, parece haber regiones cerebrales específicas para cada género en la regulación de emociones positivas y negativas, reflejando esto una vulnerabilidad femenina para el desarrollo de la depresión.

Finalmente, vale la pena resaltar la fuerte interacción de las emociones y la memoria de trabajo evidenciada en el cerebro femenino, lo cual refleja una fuerte activación de la amígdala y la corteza orbitofrontal en relación con los hombres.

Este comportamiento sugiere que en mujeres, la interacción de la memoria verbal de trabajo y las emociones negativas está asociada con una relativa hiperactivación en más áreas asociadas con el procesamiento emocional mientras que en hombres muestran mayor activación las áreas implicadas en la cognición y el control cognitivo de las emociones. (Koch, et al., 2007).

#### **2.4.2.5 EMOCIÓN, MEMORIA Y ATENCIÓN**

Los indicios sobre la importancia de la memoria en los procesos emocionales bien pueden situarse a finales del siglo XX, cuando el psicólogo y neurólogo suizo Edouard Claparede realizó su famoso experimento para analizar cómo las lesiones cerebrales pueden afectar la memoria.

El experimento adelantado por Claparede reveló que al causar daño a la paciente en una situación específica, al repetirse dicha situación, la paciente ya contaba con una respuesta repulsiva ante la situación, lo cual sugería que si bien la paciente no tenía memoria consciente de la situación, se había llevado a cabo un proceso de aprendizaje inconsciente que hacía que su cerebro almacenara la información del daño en su memoria con el fin de prevenir el malestar generado con el daño infringido la primera vez. (LeDoux, 1998).

Estos hallazgos nos fueron correctamente valorados en su época, por lo que sólo hasta tiempos recientes se ha descubierto que la situación propiciada por Claparede

dejaba ver la interacción de dos tipos de memoria. Una envuelta en la conformación de recuerdos disponibles para el individuo en un tiempo posterior y otra operativa fuera de la consciencia, con impacto en el comportamiento del individuo pero sin consciencia explícita del aprendizaje en relación con ella.

El primer tipo de memoria descrita, se denomina **Memoria Explícita o Declarativa** y se concentra en la capacidad de recordar una experiencia pasada, que por haber sido creada a partir de mecanismos conscientes, puede ser descrita verbalmente sin ningún problema en personas con cerebros en funcionamiento normal.

De otra parte, se encuentra la **Memoria Implícita o No Declarativa**, relacionada con el aprendizaje llevado a cabo en ausencia de consciencia y que guarda relación con los mecanismos de defensa inicialmente estudiados a partir del condicionamiento a partir del miedo. Gracias al descubrimiento de este tipo de memoria nos es posible entender que el aprendizaje no depende de la consciencia y que un estímulo no tiene que ser percibido conscientemente para generar una respuesta. (LeDoux, 1998).

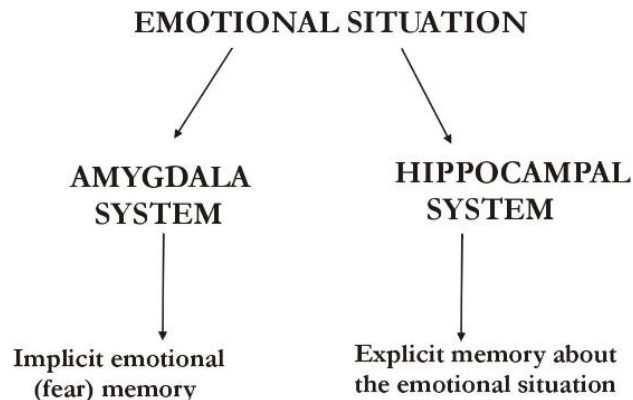
Para entender con mayor precisión la forma en que estos dos tipos de memoria actúan ante estímulos de carácter emocional, bien vale la pena traer a colación el ejemplo de Joseph LeDoux, citado en el texto “The Emotional Brain” (1998). El autor sugiere que el lector piense en un accidente de tráfico, con alta carga traumática, en el que luego de la colisión la bocina del coche permanezca en funcionamiento.

Tiempo después, el lector se enfrenta a una situación en la que oye el mismo sonido ensordecedor de una bocina, estímulo éste que le recuerda el trágico accidente sufrido, en dos vías, una en forma consciente, que recordemos que le permite verbalizar su experiencia, a partir de la narración de hechos objetivos como en dónde fue, cómo ocurrió o en compañía de quien se encontraba. Esta vía, se relaciona con la memoria explícita, declarativa o consciente y funciona gracias a la operación del hipocampo.

La segunda vía, relacionada con la memoria implícita, activa los sistemas emocionales, liderados por la amígdala, a partir del sonido de la bocina y genera respuestas corporales del tipo “como si”, de tal forma que se comienza a sentir la

experiencia. Estas reacciones emocionales, por supuesto impactan los recuerdos explícitos dando un tono emocional a la narración, del cual se carecería de no haberse activado las estructuras asociadas a la experiencia emocional. (Phelps, et al., 2006).

**FIGURA 2.25**  
*Sistemas Cerebrales de Memoria Implícita y Explícita*



*FUENTE: Tomado de LeDoux, 1998.*

Así las cosas, tratándose de emociones puede decirse que la memoria explícita o declarativa es la memoria de una emoción, mientras que la memoria implícita es en sí misma la memoria emocional. Sin embargo, cabe cuestionarse, ¿cómo es que se conectan estos dos tipos de memoria?

La respuesta está en la memoria de trabajo (working memory). Un espacio de trabajo mental, con capacidad limitada. Un mecanismo de almacenaje temporal que permite que varias piezas de información sean retenidas en la mente al mismo tiempo y paralelamente sean comparadas, contrastadas e incluso relacionadas. (LeDoux, 1998).

Otra distinción que puede ser hecha en lo que se refiere a la memoria, es el plazo o temporalidad de la misma. De esta forma, es posible distinguir entre memoria de corto plazo, y memoria de largo plazo.

La memoria de corto plazo, tiene duración de segundos y se concentra en aquello en lo que momentáneamente se presta atención, el hoy y el ahora. Esa serie de recuerdos que se generan en forma temporal, son posteriormente almacenados en un tipo de memoria con duración entre un minuto y el resto de la vida, o memoria a largo plazo, que será de donde echemos mano para verificar la existencia de representaciones disposicionales con respuestas asociadas para el estímulo percibido. (Damasio, 2000).

A priori, podría decirse que no hay diferencia entre la memoria de corto plazo y la memoria de trajo, por lo cual debe aclararse que la memoria de trabajo trasciende la función de almacenamiento activando un mecanismo de procesamiento de información que involucra labores cognitivas.

De otra parte, en estudios realizados en relación con estos dos tipos de memoria, se ha encontrado que la memoria a largo plazo involucra al menos dos etapas, una inicial que requiere del lóbulo temporal y otra asociada con las funciones del neocortex. En el lóbulo temporal se forma o consolida la memoria, sin embargo, gradualmente con los años, la memoria funciona independientemente de este sistema. (LeDoux, 1998).

Lo que resulta realmente interesante de este hallazgo, es que las principales áreas del lóbulo temporal asociadas con la consolidación de la memoria son la amígdala y el hipocampo, estructuras pertenecientes al sistema límbico en principio asociado con las funciones emocionales del individuo. Así pues, a partir del estudio de la memoria se avanzó en el ámbito emocional al reconocer que las estructuras asociadas a las emociones también tienen parte en la ejecución de tareas de carácter cognitivo como la memoria.

En lo que respecta a la atención, hay dos corrientes claras relacionadas con la implicación de la atención en la percepción y procesamiento de estímulos emocionales. Algunos estudios han demostrado que los estímulos con contenido emocional evocan respuestas en la amígdala aún cuando la atención no se enfoca en este estímulo particular, sugiriendo que la percepción emocional no requiere necesariamente de la atención. (Anderson, 2005).

No obstante, otros estudios sugieren que la percepción de estímulos con contenido emocional requiere de la atención. Estudios como los de Pessoa (2005, 2010), señalan que el procesamiento de información emocional en la amígdala es dependiente de los recursos de atención disponibles mientras que Carlson (2009) por su parte, sugiere que los estímulos con contenido emocional son capaces de captar automáticamente la atención del individuo (Yamaguchi & Onoda, 2012).

En cuanto a las estructuras neurales implicadas, siguiendo el estudio de Carretié (2001), puede decirse que con atención focalizada en un estímulo con contenido emocional, se evidencia activación en la corteza visual de asociación, que parece jugar un papel importante en la interacción atención-emoción. De igual forma, señala el autor, la implicación de la corteza cingulada anterior y/o la corteza medial prefrontal, lo cual sugiere que la atención es responsable de organizar los recursos sensoriales y movilizarlos con el fin de procesar adecuadamente los estímulos visuales con contenido emocional. (Carretié, et al., 2001)

### **2.4.3 NEUROBIOLOGÍA DE LA TOMA DE DECISIONES**

El estudio de la toma de decisiones, desde el punto de vista clásico alberga un sin fin de teorías que a través del tiempo han intentado desvelar los patrones detrás de este complejo proceso.

Es así, como los fundamentos de la economía, la economía clásica, ha basado sus investigaciones en una serie de axiomas que bien podrías resumirse en tres tipos de elecciones disponibles.

En primer lugar, se encuentra el axioma de la independencia, en el cual, la elección individual de una alternativa particular tomada de una serie de alternativas, resulta ser la alternativa disponible. Una vez satisfecho el axioma de la dependencia, existe un orden que racionaliza las elecciones de los individuos (interpretado como “preferencia”), que supone que la elección del individuo se inclinará por la opción más cercana al punto más alto de su ranking.



Finalmente, un axioma adicional representa la elección basada en la utilidad, según la cual las elecciones de los individuos son realizadas con el fin de maximizar una función de utilidad continua.

En este sentido, es visible que disponibilidad, preferencia y utilidad, son constructos inventados por los economistas para proveer una conveniente representación de los patrones de elección (Bernheim & Rangel, 2008).

Patrones estos que sin embargo, no cuentan con una contraparte en el ámbito neurológico por cuanto en esta área la investigación se encuentra en un estado incipiente y en lugar de orientarse a la definición de patrones, busca desvelar la forma en que se lleva a cabo una decisión, en presencia y/o ausencia de las diferentes variables que inciden en ella.

No importa si hablamos de la teoría económica de la utilidad esperada (Von Neumann & Morgenstern, 1944), de la teoría psicológica prospectiva (Kahneman & Tversky, 1979) o de la teoría computacional de aprendizaje reforzado (Sutton & Barto, 1998); todas las teorías coinciden en que el decisor integra las diferentes dimensiones de la decisión en una medida con valor subjetivo, con base en la cual elige la opción más valiosa. (Kable & Glimcher, 2009).

Tomando como base los estudios existentes y en especial el análisis de la Neurobiología de la Toma de Decisiones adelantado por el Dr. Rangel y su equipo (2008), puede decirse que existen tres sistemas diferentes de valoración:

- Pavloviano. Este sistema asigna valores a un pequeño conjunto de comportamientos que son evolutivamente apropiados como respuesta a determinados estímulos ambientales. Se trata por ejemplo de comportamientos preparatorios (que previenen de un acción) y/o respuestas a una recompensa, así como señales que predicen un castigo o la presencia de estímulos aversivos que pueden conducir a conductas de evitación.

- Habitual. En contraste con el sistema anterior, este sistema permite al individuo aprender de sus experiencias previas en relación con acciones habituales y con base en ellas generar relaciones de asociación que dan lugar a la asignación de valor a un gran número de acciones.
- Orientado a un objetivo. Este sistema asigna valor mediante una relación de asociación acción-resultado y luego evalúa las recompensas asociadas a los diferentes resultados. (Rangel, et al., 2008).

Cada uno de estos procesos, emplea diferentes reglas de aprendizaje, diferentes formas de plasticidad y diferentes principios computacionales. (Balleine, et al., 2009)

Neurológicamente, se ha encontrado que la Corteza Prefrontal, una estructura cortical de alto orden, es una parte crítica del cerebro implicada en la toma de decisiones. Esta corteza está dividida en múltiples regiones que descansan en distintos constructos que informan acerca de las operaciones decisionales. (Johnstone, et al. 2013).

Junto con la Corteza Prefrontal, la Corteza Cingulada Anterior y la Corteza Orbitofrontal, se activan durante la decisión. En estudios realizados en pacientes con lesiones cerebrales se ha podido desvelar el papel de la Corteza Cingulada Anterior, la Corteza Prefrontal Dorsolateral en el control cognitivo, mientras que la Corteza Orbitofrontal se ha asociado con la toma de decisiones basadas en el valor (evaluación de las propiedades de las recompensas).

Así mismo, en investigaciones con macacos se ha encontrado que la Corteza Cingulada Anterior, podría guiar las elecciones voluntarias basadas en el historial de acciones y resultados del individuo y que la Corteza Orbitofrontal podría estar implicada en la evaluación de las recompensas. (Johnstone, et al. 2013)

Con base en lo anterior, bien pueden identificarse dos etapas fundamentales en el proceso de toma de decisiones. De una parte, la valoración de la decisión, esto es del esfuerzo requerido y la recompensa asociada a la misma y de otra parte, la ejecución de la decisión en la que se implican tareas de orden cognitivo.

Así las cosas, en primer lugar debe decirse que la representación del valor subjetivo de la decisión se lleva a cabo principalmente en la Corteza Prefrontal y el Estriado (Kable & Glimcher, 2009).

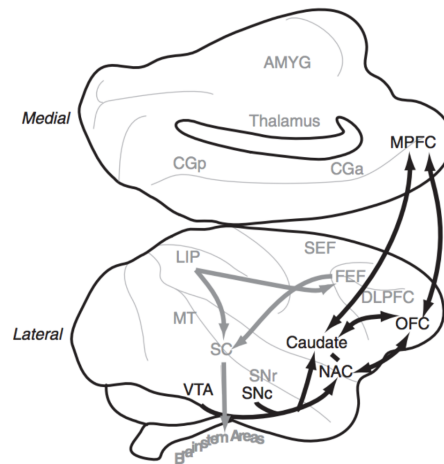
Diversos estudios, sugieren que la Corteza Orbitofrontal, codifica el valor abstracto de los bienes [o productos] implicados en una decisión. (Platt, 1999). En este sentido, Padoa-Schioppa y su equipo (2006), demostraron que las neuronas de la corteza Orbitofrontal codifican el valor subjetivo de dos resultados independientemente de la acción que tengan que ser ejecutada para obtenerlos.

En esta misma línea, se encontró que paciente con lesiones en esta zona cortical, son incapaces de hacer elecciones hipotéticas consistentes, lo cual sugiere que la actividad en la corteza Orbitofrontal codifica el valor de los resultados asociados con la acción y que los procesos allí llevado a cabo resultan esenciales para hacer elecciones consistentes en el contextos de decisiones orientadas a un objetivo. (Fellows & Farah, 2007)

Un importante cuestionamiento que subyace al papel de la corteza Orbitofrontal en la toma de decisiones es cómo el valor subjetivo es evaluado. Basándose en un estudio anatómico, se ha encontrado que la actividad neuronal en la Corteza Cingulada, contribuye con la modulación de la recompensa y es consistente con las teorías de la atención y el aprendizaje, según las cuales esta estructura se encarga de las predicciones de errores en la recompensa, especialmente durante decisiones con riesgo implícito. (Dickhaut, et al., 2003).

La Corteza Cingulada, está fuertemente interconectada con áreas del cerebro implicadas en el aprendizaje, la motivación y el refuerzo, incluyendo el Núcleo Talámico, el Núcleo Caudado y porciones mediales de la Corteza Orbitofrontal.

**FIGURA 2.26**  
*Circuito de Valoración de Kable & Glimcher*



*Sólo las regiones señaladas en color negro están implicadas en el proceso de valoración. No deben tenerse en cuenta las regiones señaladas en color gris. FUENTE: Kable & Glimcher, 2009*

De otra parte, algunas regiones implicadas en la evaluación del riesgo incluyen la Ínsula, la Corteza Cingulada Anterior y el Giro Frontal Inferior. Cabe aclarar que la Ínsula, parece codificar exclusivamente el riesgo. Específicamente, la activación de la región anterior de la Ínsula muestra una fuerte correlación con la predicción de errores en el riesgo inherente a la decisión. (Preuschoff, et al. 2008).

En contraste, aquellas decisiones en las que hay más ambigüedad que riesgo identificado es la amígdala la que muestra una fuerte activación (vg. decisiones que se toman por primera vez). Esta activación sugiere la implicación de la amígdala en el aprendizaje de probabilidades desconocidas.

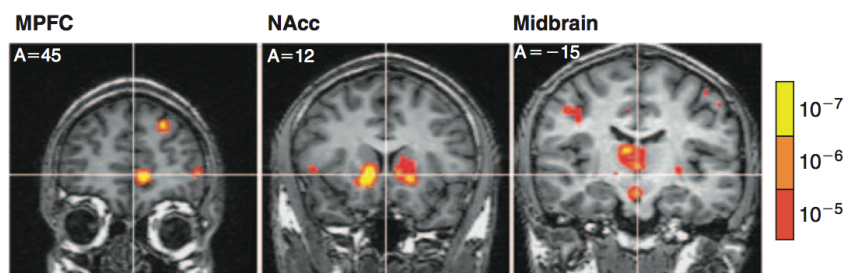
Volviendo a la afirmación inicial, debe decirse que el Estriado (Caudado + Putamen+ Núcleo Accumbens), es el “locus” donde el valor de la recompensa es codificado en primer lugar en el cerebro. (Doya, 2007).

Estudios realizados con FMRI en los que se trabaja con incentivos económicos, han implicado el Estriado en el proceso de evaluación de las ganancias (no en el de perdidas). Un número importante de estudios sugiere que la activación del núcleo

accumbens, ocurre durante la anticipación de las ganancias mientras que la activación del caudado se presenta en respuesta a los beneficios que requieren de una acción futura, en consonancia con la espiral ascendente de conectividad implícita por estudios estructurales (Knutson, et al. 2007. Knutson & Greer, 2008. Knutson & Haber, 2010).

**FIGURA 2.27**

*Estructuras Cerebrales Implicadas en el  
Cálculo del Valor Esperado y la Anticipación de Ganancias.*



FUENTE: Knutson, et al. 2007.

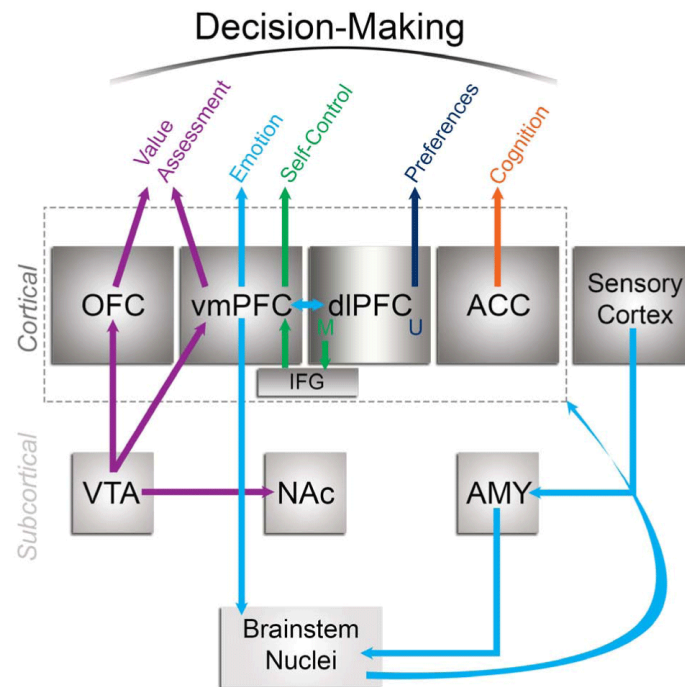
El valor de los resultados, igual que las preferencias subjetivas, se han asociado con la activación de áreas en la Corteza Prefrontal Ventromedial y la Corteza Orbitofrontal (O'Doherty, et al., 2002).

Finalmente, bien vale mencionar el estudio realizado por Sanfey (2003), en el que se pretendía analizar la respuesta cerebral ante ofertas justas e injustas. En este estudio, se ha evidenciado una alta activación de la Ínsula Anterior, relacionada con el grado de resentimiento producido por una oferta injusta, la activación de la Corteza Cingulada Anterior, como reflejo del conflicto entre el concepto de justicia y el interés propio al enfrentarse a una oferta injusta, y finalmente, la activación de la Corteza Prefrontal Dorsolateral en representación del control cognitivo de un impulso emocional orientado a rechazar una oferta injusta. (Fehr, 2009).

Así las cosas, se han identificado las siguientes regiones corticales y subcorticales que intervienen en diferentes procesos relevantes para la toma de decisiones:

FIGURA 2.28

*Principales Estructuras Cerebrales Implicadas en la Toma de Decisiones*



FUENTE: Johnstone, et al. 2013.

En resumen, la evaluación de valor del estímulo (púrpura) está mediada por la activación del sistema de recompensas, que proyecta dopamina desde el área tegmental ventral (VTA) al núcleo accumbens (NAC), así como a la Corteza Prefrontal (PFC) y sus subregiones (Corteza Prefrontal Ventromedial vmPFC; Corteza Orbitofrontal, OFC).

En contraste, La Corteza Prefrontal Dorsolateral dIPFC evalúa el valor de la acción y la recompensa mientras que las funciones de auto-control o regulación (verde) se imponen sobre las preferencias (azul oscuro) cuando las señales de la Corteza Prefrontal Dorsolateral dIPFC se retransmiten a la vmPFC por medio del Giro frontal inferior (IFG).

La Corteza Prefrontal Dorsolateral dIPFC y la Corteza Prefrontal Ventromedial vmPFC trabajan juntas para calcular los estados emocionales. Las reacciones emocionales a los estímulos se canalizan a través de la corteza sensorial a la Amígdala (AMY) y en

última instancia al tronco cerebral con el fin de iniciar una respuesta apropiada. Esta información se envía de nuevo a la Corteza Prefrontal PFC, donde la dlPFC y la vmPFC tienen una representación de la respuesta emocional vinculada al estado corporal (teoría del marcador somático, azul claro). Esta representación influencia la toma de decisiones tras la subsiguiente exposición al mismo estímulo.

Una quinta región del Corteza Prefrontal, la Corteza Cingulada Anterior (ACC) calcula las variables cognitivas con base en las reglas construidas a partir de elecciones anteriores, ligadas a resultados (naranja).

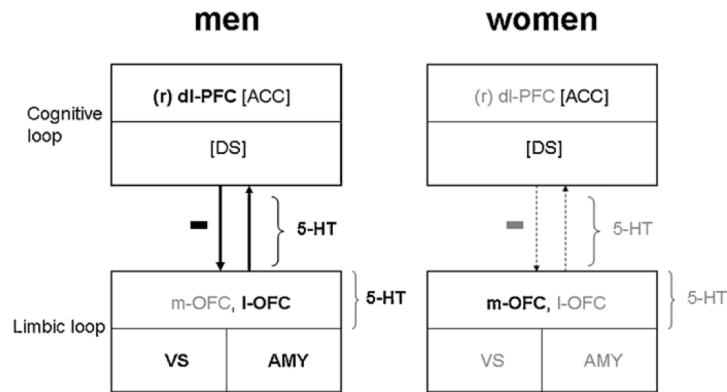
En cuanto a las diferencias de género en la toma de decisiones estudios realizados con FMRI han mostrado que los hombres presentan una activación de extensas regiones de la corteza orbitofrontal lateral derecha y la corteza prefrontal dorsolateral izquierda. En contraste, las mujeres presentan activación en la corteza orbitofrontal medial izquierda. (Cardona, et al., 2011).

Al examinar directamente las diferencias de sexo, los hombres muestran un mejor desempeño de tareas propias de decisiones con riesgo asociado, del tipo “the Iowa Gambling Task - IGT” y una mayor actividad cerebral lateralizada en el hemisferio derecho en comparación con las mujeres. Esto se evidencia con una mayor activación en una amplia zona de la OFC lateral derecha del hombre durante el desarrollo de las tareas. En contraste, las mujeres presentan una mayor activación en la corteza prefrontal dorsolateral izquierda, giro frontal medial izquierdo y lóbulo temporal durante la misma tarea. (Bolla, et al., 2004).

En concordancia con los anteriores hallazgos, el experimento realizado por Van de Bos (2013), usando el mismo tipo de tarea IGT, encontró una mayor activación en la corteza prefrontal dorsolateral derecha en hombres, así como una mayor actividad en la corteza orbitofrontal lateral y en las estructuras propias del lóbulo límbico (amígdala y estriado ventral).

Igualmente, se pudo evidenciar una mayor activación de la corteza orbitofrontal medial en mujeres, asociada a una actividad mayor en la corteza cingulada anterior, en comparación con los hombres. (Van den Bos, et al., 2013).

**FIGURA 2.29**  
**Diferencias de activación entre Hombre y Mujeres**  
**en la realización de tareas de IGT**



Abreviaturas: VS: Estriado Ventral (Caudado + Putamen+ Núcleo Accumbens). AMY: Amígdala. OFC: Corteza Orbitofrontal (m=medial, l=lateral). DS: Estriado dorsal. ACC: Corteza Cingulada Anterior. dlPFC: Corteza Prefrontal Dorsolateral (r=derecha). 5-HT: Serotonina. FUENTE: Van de Bos, et al., 2013.

Por lo tanto, concluyen estas investigaciones, los mecanismos cerebrales que participan, en hombres y mujeres, en la resolución de la misma tarea de toma de decisiones son diferentes e indican una prueba más de dimorfismo sexual en el rendimiento neurocognitivo y la función cerebral. (Bolla, et al., 2004).

A este respecto, el estudio realizado por Reavis (2001), señala la posibilidad de que hombres y mujeres cuenten con estrategias cognitivas diferentes para la realización de esta tarea, sugiriendo que las mujeres se inclinan por una estrategia de evaluación de frecuencia mientras que los hombre optan por una estrategia de análisis de probabilidad. (Reavis & Overman, 2001).

Coincidiendo con esta conclusión, el mismo Damasio (2005), señala que hombres y mujeres usan diferentes estrategias para solucionar problemas similares y sugiere que mientras los hombres optan por visiones holísticas y estrategias de carácter global, las mujeres se inclinan por estrategias más analíticas (Van den Boss, et al., 2013). Estas diferencias, podrían reflejar la asimetría y diferencias neurobiológicas relacionadas con el género, especialmente en lo relacionado con la corteza prefrontal, más específicamente en la zona ventromedial. (Tranel, et al., 2005).



#### **2.4.4 CIRCUITO DE RECOMPENSA. SISTEMAS DE AVERSIÓN Y SESGOS EN EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES**

Como ya se explicó en un apartado anterior, la valoración de las opciones asociadas a una decisión resulta ser un eje fundamental de este proceso. Esta valoración, se lleva a cabo gracias a un circuito de recompensa que pone en contexto las variables de la decisión y contribuye con la elección de la opción más plausible en función del tipo de decisión del que se trate y de los objetivos del individuo.

La vía de recompensa más importante en el cerebro es el sistema dopaminérgico mesolímbico. Este circuito que conecta el Área Tegmental Ventral y el Núcleo Accumbens (VTA- NAC), es un detector de clave de un estímulo gratificante.

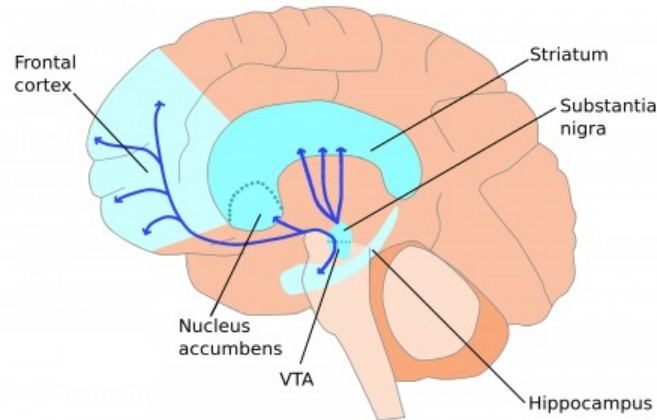
En condiciones normales, el circuito controla las respuestas de un individuo a las recompensas naturales (como la comida o el sexo) y las interacciones sociales constituyéndose por tanto en un determinante importante de la motivación y la evaluación de incentivos.

En términos simplistas, la activación de este sistema comunica al individuo la repetición de una acción con el fin de obtener una recompensa similar a la previamente recibida e igualmente, informa a los centros de la memoria en el cerebro acerca de la experiencia gratificante.

La vía VTA- NAC es parte de una serie de circuitos integrados, paralelos, que implican otras regiones cerebrales clave. Su funcionamiento comienza con la detección de un estímulo indicativo de recompensa, que es anunciada por la Corteza Frontal a una parte del mesencéfalo denominada Área Tegmental Ventral.

Al aumentarse la actividad en esta área, se envía dopamina, producida en la sustancia negra, al NAC, el Septum, el Hipocampo, la Amígdala y la Corteza Prefrontal informando del “placer” asociado al estímulo.

**FIGURA 2.30**  
*Circuito de Recompensa Cerebral*  
*Sistema Mesolímbico Dopaminérgico*



*FUENTE: Okinawa Institute Of Science, 2015.*

El Circuito de Recompensa alberga una gran importancia en la toma de decisiones por cuanto contribuye con la valoración de las opciones disponibles para el individuo y permite codificar la recompensa asociada a la decisión, con el fin de contar con un “heurístico” del que echar mano en futuras oportunidades.

Conocidas las áreas implicadas en este circuito, bien vale la pena profundizar en dos procesos importantes que pueden sesgar la valoración de las opciones disponibles. Se trata de una parte de la Aversión a las pérdidas y de otra de la Teoría de Encuadre o “Framing Effect”, dos de las principales sesgos cognitivos asociados a la toma de decisiones.

Para comenzar, es preciso entender que un sesgo cognitivo es un efecto psicológico que produce una desviación en el procesamiento de las percepciones, que lleva a distorsiones en el proceso de toma de decisiones. Estos sesgos, generalmente se presentan ante la imposibilidad de procesamiento de vasta cantidad de información, como estrategia para adoptar decisiones más rápidas. (De Martino, 2006).

## AVERSIÓN A LAS PÉRDIDAS

Una cuestión fundamental para el estudio de la toma de decisiones es si la aversión a la pérdida refleja el compromiso de procesos emocionales distintos a los implicados cuando se consideran las pérdidas potenciales.

Al respecto, se ha sugerido que el aumento de la sensibilidad a las pérdidas es impulsado por emociones negativas, como el miedo o la ansiedad, lo cual supone que la exposición a pérdidas potenciales está asociada con la activación de estructuras cerebrales asociadas con el procesamiento de emociones negativas (Amígdala e Ínsula Anterior) y alternativamente, que la aversión a la pérdida podría reflejar una respuesta asimétrica de pérdidas vs. ganancias dentro de un mismo sistema de codificación del valor subjetivo que involucra la Corteza Prefrontal Ventromedial, la Corteza Orbitofrontal (OFC ) y el Estriado Ventral (Núcleo Accumbens + Caudado, + Putamen). (Tom, et al., 2007).

En el experimento llevado a cabo por el Dr. Poldrack y su equipo (2007), se encontró que la red de respuesta a los beneficios (ganancias), incluye regiones probadamente implicadas en la anticipación de recompensas monetarias, tales como el Estriado Ventral, la Corteza Prefrontal Ventrolateral, la Corteza Cingulada Anterior, la Corteza Orbitofrontal y regiones dopaminérgicas del mesencéfalo. (Tom, et al., 2007).

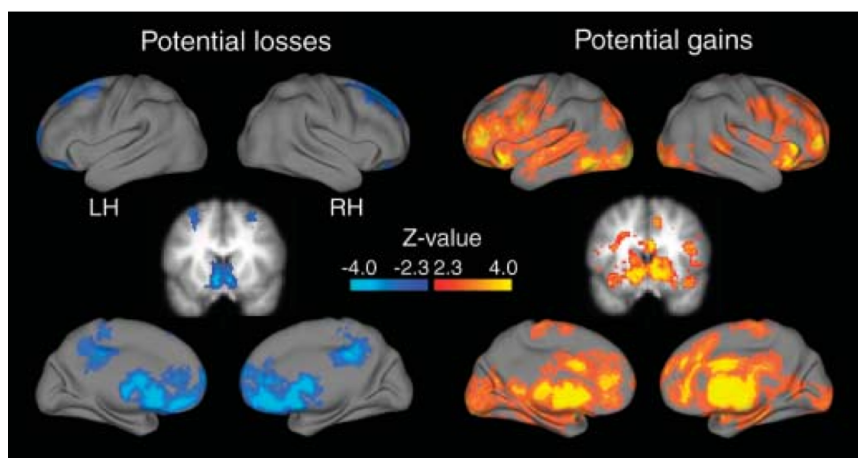
En contraste, un grupo de regiones del cerebro incluyendo el Estriado, la Corteza Prefrontal Ventrolateral, la Corteza Cingulada Ventral, la Corteza Orbitofrontal Medial, la mayoría de las cuales también codifica las recompensas, mostró una actividad decreciente a medida que el tamaño de la pérdida potencial se aumentó.

Un análisis conjunto entre el aumento de la actividad frente a las ganancias y la actividad ante la disminución de las pérdidas demostró una sensibilidad conjunta para las ganancias y las pérdidas en un conjunto de regiones, incluyendo el Estriado ventral y dorsal y la la Corteza Prefrontal Ventrolateral.

Para concluir, el estudio del Dr. Poldrack, demuestra que, en el contexto de la toma de decisiones, las pérdidas potenciales están representados por la disminución de la actividad en las regiones que parecen codificar valor subjetivo en lugar de mediante el aumento de la actividad en las regiones asociadas con las emociones negativas. (Tom, et al., 2007).

FIGURA 2.31

*Análisis Cerebral de la Respuesta a Pérdidas y Ganancias Potenciales*



FUENTE: Tom, et al., 2007.

### FRAMING EFFECT

Un principio fundamental en el que se basa la teoría de la racionalidad en la toma de decisiones es la consistencia lógica de las decisiones independientemente de la forma en la que las opciones asociadas a la misma son presentadas. Este principio es conocido como “de extensionalidad” o “de invarianza” ha sido un axioma fundamental de la teoría de juegos.

No obstante, Kahneman y Tversky (2000), advirtieron que cuando se toman decisiones bajo condiciones en las cuales la información disponible es incompleta o tiende a ser compleja, los individuos echan mano de reglas heurísticas para simplificar la decisión.

En este contexto, aparece el denominado “framing effect”, que desafiando los principios de la racionalidad sugiere que los individuos son susceptibles a la forma en que las opciones disponibles se les presentan, lo cual supone un sesgo para el proceso de decisión. (De Martino, 2006). Esto es, que la decisión puede resultar sesgada en función de la forma en que se presenta al individuo el resultado potencial, ya sea en términos de ganancia o de pérdidas.

Este “efecto”, resulta de un sesgo sistemático en la elección activado por un heurístico afectivo subyacente en el sistema emocional del individuo.

Estudios realizados con FMRI demuestran que las bases neurales de este sesgo, se encuentran en la Amígdala, clave en la anticipación del valor de las recompensas y el aprendizaje emocional. En el experimento realizado por De Martino (2006), se evidenció una activación de la amígdala en un escenario de ganancias en sujetos con aversión al riesgo y en contraste, una activación en escenarios de pérdidas para sujetos proclives al riesgo.

Así mismo, se encontró una activación en la corteza cingulada anterior, consistente con la detección de conflictos entre respuestas basadas en un sistema predominantemente analítico y un sistema emocional basado en el funcionamiento de la amígdala.

Finalmente, el estudio pudo validar la profunda relación entre la amígdala y la corteza orbitofrontal apoyando los hallazgos según los cuales esta estructura cerebral resulta clave en la toma de decisiones al integrar la información cognitiva y emocional. (De Martino, 2006)

### **2.4.5 NEUROMARKETING Y TOMA DE DECISIONES DE COMPRA**

El Neuromarketing o Neurociencia del consumidor, es considerada una sub-área de la neuroeconomía, orientada al análisis de problemas relevantes desde el punto de vista del marketing a partir de herramientas neurológicas (Hubert & Kenning, 2008).

Su objetivo, es entender los mecanismos neurales que subyacen a complejos procesos del ser humano como la toma de decisiones, la memoria y las emociones con el propósito de dar una explicación más real a fenómenos del marketing, como el posicionamiento de marca, la lealtad y en general la respuesta del consumidor a la diferentes acciones de comunicación y promoción. (Morin, 2011).

Su finalidad, termina siendo la incorporación de conocimientos sobre los procesos cerebrales para mejorar la eficacia de cada una de las acciones que determinan la relación de una organización con sus clientes; y su campo de acción se amplía al análisis de todas las variables importantes en la planificación de marketing, aunque su núcleo de acción se concentra en la comprensión de los factores que determinan el comportamiento de compra y consumo, tanto en segmentos específicos como en el individuo como agente consumidor. (Braidot, 2005).

Como parte integral de esta nueva disciplina, ocupan un lugar preponderante las tecnologías encargadas de mostrar en tiempo real los procesos cerebrales que subyacen a la ejecución de tareas sencillas como el reconocimiento de una marca.

Aunque el Neuromarketing hace uso de todas las herramientas de la Neurociencia. Cuando se trata de analizar estructuras anatómicas e identificar patrones de activación cerebral, la técnica de exploración más común es la Resonancia Magnética Funcional FMRI (Functional Magnetic Resonance Imaging), gracias a la cual es posible visualizar los cambios en la oxigenación vascular [del cerebro], que ocurren entre 4 y 6 segundos después de cualquier actividad neuronal. (Grosenick, et al., 2008).

Esta nueva aproximación al comportamiento del consumidor, supone para el marketing una herramienta más objetiva que las convencionales (como cuestionarios, focus

groups, entrevistas en profundidad, etc.), altamente cuestionadas dada la insuficiencia y subjetividad de la información que proveen. (Kenning & Linzmajer, 2011).

En los últimos años se han adelantado numerosas investigaciones que pretenden desvelar la forma en que los consumidores interactúan con las marcas, aunque bien vale mencionar que la mayor parte de estos estudios provienen del ámbito neurocientífico y más recientemente de la neuroeconomía.

En lo que respecta al proceso de toma de decisiones de compra, el trabajo más representativo resulta ser el del Dr. Brian Knutson (2007) "Neural Predictors of Purchases", quien reveló la posibilidad de predecir un comportamiento de compra a partir del análisis de la activación cerebral del consumidor y abrió la puerta a la investigación de los fenómenos de consumo a través de herramientas propias de la Neurociencia.

Partiendo de la asunción de la teoría microeconómica clásica según la cual las compras están impulsadas por una combinación entre las preferencias del consumidor y la valoración del precio, usando la tecnología de imágenes de la Resonancia Magnética Funcional (fMRI), Knutson (2007), intentó descifrar la forma en que las personas valoran estas variables para tomar sus decisiones de compra.

La evidencia provista por las imágenes, sugirió que distintos circuitos del cerebro se encargan de anticipar las pérdidas y ganancias en el individuo. Se comprobó una actividad en el estriado ventral y la corteza prefrontal ventromedial, relacionada con los productos comprados, en contraste con una baja actividad en la Ínsula con aquellos productos no comprados.

Así mismo, se pudo evidenciar que el Nucleus Accumbens (NAcc) juega un rol importante en la anticipación de las ganancias mientras que la Ínsula, se relaciona con la anticipación de las pérdidas, y como complemento de la actividad de estas dos zonas, la Corteza Mesial Prefrontal (MPFC), se encarga de corregir las imprecisiones en la predicción de las ganancias. (Knutson, et al., 2007).

Gracias a este estudio, en el que un grupo de individuos es examinado con fMRI mientras toma una serie de decisiones de compra, se pudo establecer que la activación del Núcleo Acumbens (NAcc) se relaciona con la preferencia del individuo por un producto, mientras que la activación de la Corteza Mesial Prefrontal (MPFC) se relaciona con el “diferencial de precio” o la valoración que el individuo hace del producto. De otra parte, la activación de la Ínsula, al parecer se evidencia cuando el individuo decide no comprar, haciendo manifiesta una predicción de pérdidas que se sobrepone a posibles valoraciones positivas previas.

Al final de la investigación, Knutson concluye que la activación de las regiones cerebrales mencionadas respalda la teoría según la cual las consideraciones de precio y preferencia anteceden a la decisión de compra y sugieren que mediante el análisis de la activación cerebral del individuo, podría ser posible predecir sus decisiones de compra. (Knutson, et al., 2007)

Otra investigación de relevancia, es la adelantada por Plassmann (2007), en la que se examina la función de utilidad en la decisión. Usando un paradigma de “Disposición para pagar” (“willingness-to-pay” (WTP)), en el que se esperaba un número de ofertas para una subasta de comida, se encontró una correlación entre la actividad de la corteza prefrontal dorsolateral (dlPFC) y ventromedial (vmPFC) con la disposición para pagar, sugiriendo la implicación de estas estructuras en la codificación de la utilidad de la decisión.

Otros estudios, asociados con tareas de compra, documentaron un activación de la corteza prefrontal ventromedial (vmPFC) (Áreas de Brodmann 10, 11 y 32), sugiriendo la relación de esta zona con la integración del valor de los productos para el consumidor y su coste real. (Moll, et al., 2006).

Igualmente, se han encontrado evidencias que indican que la corteza prefrontal ventromedial (vmPFC) está implicada en la integración de los costes y beneficios asociados a una decisión de compra independientemente de si estas opciones implican bienes de consumo o bienes "no económicos", tales como el valor subjetivo de rechazar una oferta injusta. (Fehr , 2009).



Igualmente, vale la pena mencionar el estudio realizado por Weber (2007), en el que se pide a los sujetos realizar tareas de compra y venta de canciones en formato MP3 en la escenificación de una subasta.

Al comparar la venta frente a la compra se evidenció una mayor actividad tanto en la amígdala como en el estriado, mientras que la comparación de compra vs. venta mostró una mayor actividad en la circunvolución del hipocampo. (Weber, et al. 2007).

Estos hallazgos son consistentes con aquellos que señalan que un daño en la amígdala realmente perjudica la toma de decisiones en lo que respecta al cálculo de los beneficios potenciales, mostrando una correlación entre la activación de la amígdala y la aversión a las pérdidas. (Weller, et al., 2007).

Finalmente, en lo que se refiere a la predicción del comportamiento de compra, el mismo Knutson adelantó un estudio en el que los sujetos debían decidir si comprar o no un producto en descuento. Se pudo evidenciar que la activación del estriado ventral no sólo está correlacionada con la preferencia durante la visualización de productos, sino que también ayuda a predecir si los sujetos son más propensos a optar por comprar un producto más allá de la preferencia auto-reportada. (Knutson, et al., 2007). Este estudio sugirió que la activación del estriado ventral podría utilizarse para predecir una posterior elección. (Knutson & Greer, 2008).

Todas estas investigaciones, dan evidencia de los avances en la identificación de las estructuras cerebrales implicadas en los proceso de decisión. No obstante, su aportación al marketing va más allá de esto.

Uno de los más importantes hallazgos de la Neuroeconomía y posteriormente el Neuromarketing, ha sido la implicación de componentes emocionales en el proceso de toma de decisiones.

Gracias a las investigaciones con técnicas neurocientíficas, se ha podido validar desde el punto de vista neurológico, la inexistencia de un individuo puramente racional y se ha dado paso a un proceso de decisión, resultado de la integración de componentes tanto cognitivos como emocionales del individuo. (De Martino, 2006).

Aunque aún queda mucho por definir en este ámbito, el Neuromarketing ha conseguido poner nuevamente sobre la mesa la importancia de las emociones, hasta ahora dejadas de lado en el ámbito de la toma de decisiones, dada su “ambigüedad” y la imposibilidad para ser medidas con objetividad. (Moltó, et al., 1999).

Del mismo modo, gracias a la multidisciplinariedad que provee la conjunción de la neurología, la psicología y el marketing, el Neuromarketing es una disciplina, con mayor perspectiva, que ha abierto la posibilidad a la validación, replanteamiento e incluso mejora de las teorías clásicas del Comportamiento del Consumidor. (Kenning & Linzmajer, 2011).

Tal es el caso de la Teoría del “Framming Effect”, un principio psicológico, derivado de la Teoría Prospectiva de Kahneman & Tversky,, según el cual, los individuos reaccionan de forma diferente ante una decisión particular, dependiendo de la forma en que esta sea presentada. (De Martino, 2006).

Gracias al Neuromarketing, se ha podido identificar, que este efecto juega un papel preponderante, en la atribución de valor a los estímulos presentados a los sujetos y que se constituye en un sesgo validado a la hora de tomar decisiones de compra, resultando así una pieza clave a tener en cuenta en las acción de distribución y comunicación del producto. (Deppe, et al. 2005).

Así las cosas, el Neuromarketing aún tiene mucho por investigar y por tanto mucho por aportar y aunque se trata de una disciplina incipiente, su potencial se antoja infinito dada la complejidad del pensamiento humano. Si bien aún no hay evidencias científicas que permitan validar la posibilidad de predecir las decisiones del consumidor o de contar con una fórmula magistral para persuadirle, esta disciplina sin duda contribuirá con un mejor conocimiento del consumidor.

## 2.5 RESUMEN DE LA REVISIÓN TEÓRICA

El cerebro, es sin duda el órgano más complejo del ser humano. Años de estudio y cientos de investigaciones se han dedicado a desvelar la forma en que esta intrincada estructura funciona y nos hace humanos.

En la primera parte de este capítulo, se pudo evidenciar la complejidad del cerebro en sus múltiples y a cual más diminutas estructuras, cada una de las cuales aporta en los diferentes procesos que nos permiten vivir y relacionarnos con nuestro entorno.

Se pudo ver cómo las diferencias de género se reflejan en la morfología y funcionamiento del cerebro, evidenciándose que la mayoría de estructuras sexualmente dimórficas del cerebro pertenecen al sistema límbico y la corteza prefrontal (Pallarés, 2013).

Las mujeres, presentan un mayor tamaño de la corteza prefrontal, la corteza límbica y el hipocampo, mientras que los hombres presentan un mayor tamaño de la corteza parietal y la amígdala (Goldstein, 2001. Guyton, 2006. Hoag, 2008). Igualmente, las mujeres presentan una mayor facilidad para la transmisión interhemisférica mientras que los hombres poseen una mayor lateralización y con ello, hemisferios más especializados. (Davatzikos, 1998).

En el segundo apartado del capítulo, se trataron las diferentes técnicas de exploración neurológica, analizando desde las técnicas estructurales (TC, RM) hasta las técnicas funcionales (RMF, PET, SPECT), pasando por técnicas de medición de la actividad eléctrica cerebral (EEG, ERP, MEG) y las técnicas de estimulación craneal.

Se dejó claro que la elección de la técnica de exploración en el marco de un estudio experimental, depende exclusivamente de los objetivos del estudio. Previa elección, es preciso analizar su alcance y complejidad y cerciorarse de que estas variables están alineadas con los objetivos planteados.

Para los efectos del presente estudio y dado que su objetivo inicial era desvelar los mecanismos neuronales de la toma de decisiones de compra, la elección de la Resonancia Magnética Funcional resulta adecuada en especial por su gran resolución espacial, que permite identificar con claridad las estructuras anatómicas implicadas en un proceso específico. (Plassmann, 2007). A esto se suma, que al ser una técnica no invasiva, posibilita la realización de un estudio de investigación con voluntarios.

No obstante lo anterior, debe tenerse en cuenta que se trata de una técnica de alto coste, tanto de recolección como de procesamiento de la información y que al tener una limitada resolución temporal requiere una definición más precisa del paradigma experimental.

Continuando con el tercer apartado, se hizo una revisión de las principales teorías de toma de decisiones, haciendo un breve recuento del devenir histórico de la materia.

Se pudo evidenciar que el estudio de la toma de decisiones se ciñe a tres aproximaciones: lógica, probabilística y heurística (Gigerenzer, 2011) y que a lo largo del tiempo, se han podido rebatir las teorías basadas en la racionalidad pura para dar entrada a teorías más completas que recogen algunas de las múltiples variables determinantes en el proceso de elección.

Se hizo visible que a pesar de ser un campo muy estudiado, la toma de decisiones es también un área rica, extensa y diversa (Buchanan, 2006), por lo cual falta aún mucho por descubrir y se espera que las nuevas aproximaciones y disciplinas en el marco de la materia, puedan aportar a la completitud del fundamento teórico de la misma.

Del mismo modo, en el tercer apartado se analizaron tanto las teorías (cognitivas, psico-sociales y conductuales), como los modelos de comportamiento del consumidor, ambos reflejo de la evolución teórica de la toma de decisiones.

Se demostró que en este ámbito, los teóricos se han venido debatiendo entre un consumidor racional, orientado a la mera satisfacción de sus necesidades, y artífice de un proceso secuencial en el que prima una evaluación objetiva de las alternativas disponibles (Modelo de Engel, Kollat & Blackwell (1968, 1990), Modelo de Howard &

Sheth (1969)); y un consumidor más emocional, orientado a los sentimientos y el uso de estrategias sencillas de decisión (Modelo de Bettman (1979), Modelo de Schiffmann & Kanuk (2000)).

Esto, hasta que a principios de este milenio, Schiffman (2000), conciliara las posiciones, al señalar que el consumidor es un ente compuesto por dos componentes. Uno cognitivo, que busca y evalúa la información para formar preferencias y otro emocional, más impulsivo y que da prioridad a sus sentimientos.

Finalmente, en el cuarto y último apartado, se trata la relación entre cognición y emoción en el marco de la toma de decisiones.

Como bien señaló Damasio, la emoción bien dirigida y desplegada parece ser un sistema de apoyo sin el que el edificio de la razón no puede funcionar correctamente (Damasio, 2000). Sin embargo, debe quedar claro que las emociones no sustituyen a la razón ni son capaces de decidir por los individuos (Damasio, 1996).

Tal como plantea Damasio, la toma de decisiones se convierte en un proceso en el que emoción y razón se integran para dar lugar a la elección de la opción más valiosa a los ojos del decisor. (Kable, 2009).

Las bases neurales de este proceso, implican por tanto, no sólo estructuras propias de procesos ejecutivos, involucradas en la valoración objetiva de las alternativas disponibles para el decisor, sino que también implican estructuras propias del procesamiento y la regulación de las emociones.

Igualmente, se concluye que hombres y mujeres usan diferentes estrategias para solucionar problemas similares y se sugiere que mientras los hombres optan por visiones holísticas y estrategias de carácter global, las mujeres se inclinan por estrategias más analíticas (Van den Boss, 2013). Estas diferencias, podrían reflejar la asimetría y diferencias neurobiológicas relacionadas con el género. (Tranel, 2005).

Se cierra el capítulo hablando del Neuromarketing, campo dentro del cual se enmarca el presente estudio, señalando su importancia para la comprensión de los mecanismos

neurales que subyacen a complejos procesos del ser humano como la toma de decisiones, la memoria y las emociones con el propósito de dar una explicación más real a fenómenos de marketing como el posicionamiento de marca, la lealtad y en general el comportamiento del consumidor.

En esta línea se habla de los estudios de Knutson (2007, 2008), Plassmann (2007), Weber (2007), Moll (2006), entre otros, cuyos aportes a la materia han resultado cruciales y se culmina haciendo énfasis en el potencial que promete la posibilidad de predecir decisiones de compra con base en la activación de ciertas estructuras cerebrales. (Knuton, 2009).

**CAPÍTULO III.**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1 ENUNCIADO DE LA HIPÓTESIS

La metodología científica, piedra angular del saber científico, alberga la aplicación del Método Hipotético deductivo, que supone el desarrollo de cuatro etapas básicas (Martínez Tercero, 2000), que al completarse darán a conocer una explicación plausible al fenómeno objeto de estudio por parte del investigador:

- I. Elaboración de una "hipótesis teórica" o "enunciado teórico o simplemente una teoría. (A)
- II. Proceso deductivo a partir del anterior enunciado teórico, ello implica que partimos de suponer que el enunciado teórico es cierto. (A es cierto)
- III. Proponer, como fruto del proceso deductivo, uno o varios hechos necesarios y observables. (Hipótesis Básica)
- IV. Contrastación de los enunciados básicos

Siendo esta metodología la guía conductual del presente trabajo de investigación, una vez revisado el contexto teórico del problema planteado, es preciso enunciar la hipótesis teórica a corroborar:

***Las diferencias fisiológicas y morfológicas cerebrales entre hombres y mujeres tienen decidida influencia en los patrones de activación neuronal asociados al proceso de toma de decisiones de compra.***

***No obstante, independientemente de estas diferencias y del tipo de producto a comprar, la toma de decisiones de compra involucra estructuras cerebrales relacionadas con el procesamiento y regulación de las emociones.***



Debe tenerse en cuenta que una hipótesis teórica, es un porqué de los hechos, una explicación de los mismos y una propuesta acerca de las causas que los producen, pero que a pesar de ello, sólo puede ser corroborada a través de la contrastación de las hipótesis básicas (Martínez Tercero, 2000).

Mediante la aplicación del proceso hipotético deductivo se han encontrado las siguientes **Hipótesis Básicas** que se someterán a contrastación con el fin de corroborar o falsar la hipótesis teórica antes enunciada:

**HB1.** La dimensión de las zonas y estructuras cerebrales, tiene incidencia en las magnitudes (intensidad, dimensión) de activación de las estructuras cerebrales.

**HB2.** El flujo sanguíneo cerebral, tiene incidencia en las magnitudes (intensidad, dimensión) de activación de las estructuras cerebrales.

**HB3.** La asimetría funcional cerebral y el fenómeno de lateralización hemisférica, relacionados con el género, se reflejan en el proceso de toma de decisiones de compra.

**HB4.** Independientemente de los fenómenos de asimetría cerebral y lateralización hemisférica, las estructuras cerebrales implicadas en el proceso de toma de decisiones de compra son las mismas dentro de cada uno de los grupos de análisis.

**HB5.** Con independencia del género y el tipo de producto, la toma de decisiones de compra involucra estructuras cerebrales propias del procesamiento y regulación de las emociones.

**HB6.** La toma de decisiones de compra involucra las mismas estructuras cerebrales para cada género, con independencia del tipo de producto a comprar.

Tal como se señaló, siguiendo la regla de inferencia del *Modus Tollens*, según la cual:

- Si P implica que Q, si no es el caso de Q, entonces no es cierto que P, con lo cual habrá una **Falsación** de la Hipótesis Teórica, y
- Si P implica que Q, si es el caso de Q, entonces es cierto que P, con lo cual habrá una **Contrastación** de la Hipótesis Teórica

$$P \rightarrow Q, \neg Q \vdash \neg P$$

En este sentido, podrá considerarse que una vez las hipótesis básicas planteadas sean contrastadas, la hipótesis teórica podrá considerarse igualmente contrastada y en modo contrario, en caso de falsearse las hipótesis básicas, la hipótesis teórica se considerará falseada.

## 3.2 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

El presente estudio se basa en los resultados de dos experimentos realizados mediante la adquisición de imágenes por Resonancia Magnética Funcional. El primer experimento fue realizado en 2010, con una muestra de hombres y la réplica del mismo fue realizada en 2015 con una muestra de mujeres.

Para la realización de estos experimentos, se contó con un equipo multidisciplinar compuesto por investigadores de la Universidad Complutense de Madrid (Valeria Murgich, Ingrit Moya y Mikel Alonso) y del Laboratorio de Imagen Médica del Hospital General Universitario Gregorio Marañón (Susana Carmona, David García, Javier Navas e Iván Balsa), bajo la dirección de la Dra. María Francisca Blasco López, el Dr. Víctor Molero Ayala y el Dr. Manuel Desco.

La hipótesis bajo la cual se orientaron estos experimentos pretendía validar la participación de mecanismos reguladores de las emociones en el proceso de toma de decisiones de compra, con independencia del tipo de producto a comprar.

Con el fin de validar esta hipótesis, se incluyó en ambos paradigmas experimentales dos tipos de productos a comprar. De una parte, productos con contenido emocional y capaces de brindar experiencias a sus consumidores, denominados hedónicos y de otro, productos de marcado corte utilitario, denominados funcionales.

De acuerdo con el sustento teórico usado por los experimentadores para la catalogación de los productos, señalan éstos que Hamilton (1987), investigador del área económica sugirió el uso de los bienes en dos formas, como símbolos de status y simultáneamente como instrumentos para conseguir un fin. (Murgich, 2015).

Este planteamiento, fue combinado con la exposición teórica de Hirschman y Holbrook (1982), para quienes los puntos de vista hedónico y utilitario del consumo se representan en la clasificación de los productos en utilitarios y estéticos.

Con base en la revisión teórica realizada por los experimentadores, los productos hedónicos se derivan de aquellas facetas del comportamiento del consumidor que se relacionan con los aspectos multisensoriales y emotivos de las experiencias con el producto (Hirschman & Holbrook, 1982), por lo cual, puede decirse que son productos hedónicos, aquellos que proveen placer sensorial, estético, entretenimiento, disfrute y una sensación generalizada de estimulación emocional (Murgich, 2015).

En contraste, la utilitaridad de los productos, según Fournier (1991), se relaciona con el rol puramente funcional de los objetos de consumo, ya que los productos juegan un papel fundamental en la vida de los consumidores al llenar funciones necesarias y dando solución a los problemas impuestos desde el exterior.

Con esto quiere decir Fourier, que el consumo utilitario está motivado por las necesidades funcionales de los individuos e involucraría productos que son considerados prácticos o necesarios, en vez de placenteros o divertidos, esto es, lo que los experimentadores han denominado “productos utilitarios”. (Fourier, 1991).

Así las cosas, teniendo en cuenta que todos los productos contienen elementos hedónicos y utilitarios, es posible ubicarlos en un línea de continuo hedónico-utilitario, que es justamente la utilizada para la clasificación de los productos en las investigaciones en las que se basa el presente estudio.

Continuando con la explicación del experimento, es preciso señalar que los estudios realizados usando la tecnología FMRI tienen tres etapas fundamentales: la preparación de la tarea a realizar por parte del sujeto experimental, la fase de adquisición de imágenes y el procesamiento y análisis estadístico de los datos adquiridos (Ramsey, et al., 2002).

Cada una de estas etapas es clave para un exitoso resultado del experimento, sin embargo, puede decirse que la preparación de la tarea reviste gran importancia por cuanto del correcto enunciado del paradigma experimental, representado en la tarea a ejecutar, depende que la hipótesis planteada pueda ser contrastada correctamente.

Dado que los experimentos mencionados contaron con una etapa previa en la que se validó la correcta elección de los productos a incluir en las tareas de compra, a ejecutar por parte de los sujetos, la explicación del diseño experimental estará dividida en dos apartados. Uno dedicado a la prueba pre-experimental (de selección de productos) y otro dedicado a la fase de adquisición de imágenes neurológicas.

### **3.2.1 PRUEBA PRE-EXPERIMENTAL**

#### **3.2.1.1 UNIDADES MUESTRALES**

##### **MUJERES.**

Para la validación de los productos a incluir en las tareas de compra de mujeres se aplicó un cuestionario, cuyo contenido se describirá en el apartado 3.2.1.2 Método, a 70 mujeres, con edad entre los 30 y los 45 años, nivel de estudios universitarios, residentes en España.

##### **HOMBRES.**

Para la validación de los productos incluidos en el experimento realizado en 2010, el equipo experimentador aplicó un test de respuesta galvánica de la piel a 12 sujetos, usando un aparato de bio-feedback GSR2 integrado con el software *calm-link* desarrollado para medir la conductancia de la piel.

Dado el insuficiente tamaño de la muestra, a juicio de este equipo experimentador y con el fin de validar los resultados obtenidos con el test de respuesta galvánica, para los efectos del presente estudio, se formuló el mismo cuestionario preparado para el grupo de mujeres, a una muestra de 70 hombres, con edad entre los 30 y los 45 años, nivel de estudios universitarios y residentes en España.

### 3.2.1.2 MÉTODO

Tal como se señaló en el apartado anterior, a los sujetos de la prueba pre-experimental se les formuló un cuestionario (Ver Anexos), mediante el cual se pretendía medir dos constructos:

I. Nivel de implicación en la decisión de compra.

Definido como el grado de interés que un consumidor integra en una decisión de compra (Mittal, 1989).

II. Contenido emocional del producto.

Definido como la reacción emocional del sujeto frente al producto, medida en tres dimensiones: placer, activación emocional ("*arousal*") y dominancia.

Para medir estos dos constructos se hizo uso de dos instrumentos de medición comúnmente usados en el ámbito del marketing y cuya efectividad ya ha sido testada.

La medición del nivel de implicación en la decisión de compra se llevó a cabo mediante la escala "Consumer Involvement Profile - CPI" formulada por Laurent y Kapferer (1985). Esta escala fue seleccionada por su adecuada evidencia de consistencia interna para medir tanto la implicación del sujeto en la decisión de compra como su implicación con el producto (Mittal, 1989).

Es de resaltar que esta escala integra mediciones de la importancia percibida del producto, el riesgo percibido asociado con su compra, el valor simbólico atribuido por los consumidores al producto, su compra y consumo y el valor hedónico del mismo. (Srivastava & Sharma, 2008).

De otra parte, el contenido emocional del producto se midió usando la escala PAD (*Pleasure, Arousal, Dominance*), enunciada por Merhabian (1995) en la que se condensan 18 items con diferencial semántico significativo para la representación de tres dimensiones:

- Placer: Referido a un estado afectivo positivo experimentado por el consumidor que trasciende las preferencias, el gusto, el refuerzo positivo y la identificación con un producto determinado.
- Estimulación: Un estado experimentado por el consumidor al relacionarse con el producto, que varía en una escala continua con diferentes niveles de activación emocional.
- Dominancia: Basada en la extensión en la cual el consumidor se siente libre de actuar [en este caso, comprar] en relación con el producto evaluado.

El cuestionario se construyó usando una escala Likert de diez niveles dada la familiaridad y popularidad de este número de niveles para la calificación de temas cotidianos. Así mismo, se tuvo en cuenta que estudios empíricos han demostrado que la información obtenida en escalas con 5, 7 y 10 niveles posibles de respuesta muestra las mismas características respecto a la media, varianza, asimetría y curtosis después de aplicar transformaciones simples (Sánchez, 1998).

Tal como especifica la técnica Likert, se pidió a los encuestados calificar su nivel de acuerdo o desacuerdo con una serie de afirmaciones, como las siguientes, utilizando una escala de uno a diez.

**TABLA 3.1**  
*Extracto Cuestionario Prueba Pre-Experimental*

<i>Cuándo tengo que comprar unas <b>Gafas de Sol</b>,</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Me siento feliz										
Me siento relajada										
Me siento satisfecha										
Las busco con cuidado										
Las elijo con atención										
Tiene importancia para mi elegir las adecuadamente										

FUENTE: Elaboración Propia

### **3.2.1.3 PROCEDIMIENTO**

Como se mencionó anteriormente, en el experimento de hombres se midieron las variaciones en la actividad del sistema nervioso autónomo mediante el control de cambios sutiles en la humedad de los dedos, es decir, se midió la respuesta galvánica de la piel de los sujetos.

No obstante, con el fin de validar la correcta elección de los productos en hombres y obtener mayor significación en la selección de productos para mujeres, se aplicaron a las dos muestras descritas, los cuestionarios contruidos tal como se señaló en el apartado anterior.

Para el grupo de mujeres, los cuestionarios incluían una serie de 140 productos elegidos de entre diferentes categorías como: Aseo Personal, Hogar, Decoración, Belleza, Bebidas, Gourmet, Alimentación, Deporte, Electrónica y Tecnología.

Para el caso de los hombres, se usaron los 80 productos incluidos en el experimento realizado, coincidentes con las categorías de producto usadas para el grupo de mujeres.

Dichos cuestionarios, fueron distribuidos haciendo uso de la aplicación de “formularios” de Google Drive, con el fin de facilitar su envío y la posterior recogida de respuestas. No obstante los anterior, los cuestionarios fueron enviados a los sujetos con una carta explicativa en la que se les pedía responder las preguntas formuladas con atención y calma, procurando hacerlo en un ambiente relajado y cómodo.

### **3.2.1.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA**

La información obtenida en las encuestas formuladas, fue tabulada. Para el caso de las mujeres, se procedió a hacer una depuración de datos, eliminando las respuestas inconsistentes o evidentemente puestas al azar. Posteriormente, se hizo el cálculo de

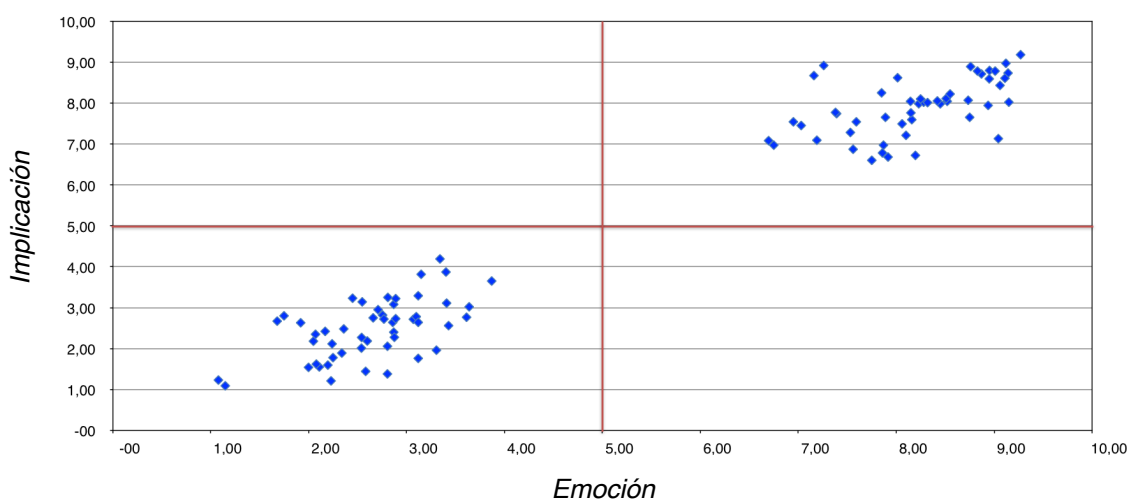


la media por producto para cada uno de los constructos a medir (Emoción e Implicación).

Dado que el propósito de las investigaciones en tanto con hombres como con mujeres era conocer las diferencias en la elección de productos funcionales y hedónicos, para el caso de las mujeres, se eligieron los 50 productos con calificación más extrema (mínimos y máximos) para cada dimensión (emoción - implicación).

Con base en esta elección, se construyó una representación gráfica del valor encontrado para cada dimensión o constructo, para cada uno de los productos elegidos, mediante un diagrama de dispersión, como el que se presenta a continuación.

**GRÁFICO 3.1**  
*Diagrama de Dispersión*  
*Productos elegidos Experimento con Mujeres*



*FUENTE: Elaboración Propia*

Los productos seleccionados para el experimento con mujeres fueron los siguientes:

**TABLA 3.2**  
**Productos Seleccionados - Experimento Mujeres**

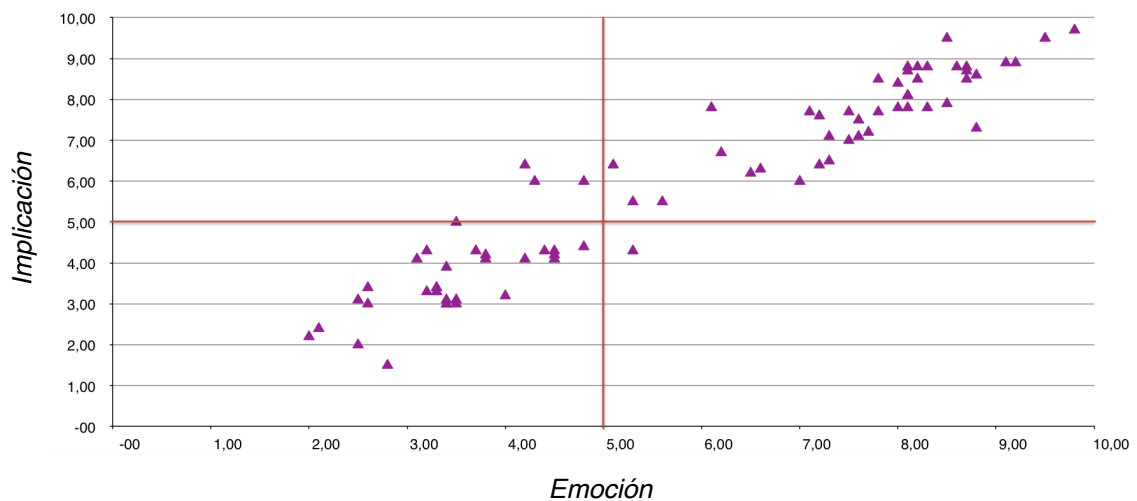
PRODUCTOS FUNCIONALES		PRODUCTOS HEDÓNICOS	
Cubo Para La Basura	Pinza Cejas	Secador De Pelo	Cojines Decorativos
Paletas Para Cocina	Escoba	Bb Cream	Sandalias
Pelapatatas	Plancha De Pelo	Proteccion Solar	Sandalias Cuña
Grapadora	Tijeras	Crema Facial	Sandalias Tacon
Cuchillas	Batidora	Delineador Ojos	Zapatos De Tacón
Sacacorchos	Tendedero	Rimel	Bailarinas
Humidificadores	Mechero Cocina	Champú	Slippers
Papelera	Candado Equipaje	Acondicionador	Botas Invierno
Soporte Papel Cocina	Licuada	Colorete	Botines
Ventilador	Bombilla Bajo Consumo	Sombras	Sombrero
Balanza Alimentos	Vineras	Cartera Noche	Fular
Felpudo	Procesadoras	Cámara Digital	Collar
Cuaderno	Tostadoras	Reproductor Música	Espejo Baño
Jarra Agua	Cafetera Cápsulas	Teléfono Móvil	Barra Labios
Sandwichera	Moldes Hielo	E-Book	Jarron
Maleta Cabina	Quitagrapas	Pijama	Bouquet
Toalla	Grabadoras De Voz	Arbol De Navidad	Bolso Playa
Cortauñas	Plancha Cuadrada	Gafas de Sol	Jersey
Cortacutícula	Gofreras	Bolso de Piel	Blusa
Carpeta	Cuchillo Cocina	Pendientes Largos	Vestido Verano
Cepillo de Dientes	Espátula	Pendientes Aros	Falda
Bolsa de Papel	Aspiradora Mano	Pendientes Peq.	Pantalon
Mesa para Planchar	Nevera Portatil	Perfume	Chaqueta
Linterna	Recogedores	Espejo Para Salon	Pulsera
Organizador Plástico	Organizador Escritorio	Reloj Deportivo	Bikini

FUENTE: Elaboración Propia

Para el caso de los hombres, se procedió directamente a diagramar las medias de las respuestas por producto, evidenciándose una distribución lineal de las calificaciones obtenidas.

Al respecto se concluyó que si bien los productos usados en el experimento con hombres no tienen calificaciones tan extremas, por lo cual no son tan marcadamente hedónicos y/o tan marcadamente funcionales, como aquellos elegidos para el experimento con mujeres, la homogeneidad de su distribución y la consistente correlación entre implicación y emoción, validan, para los efectos del presente estudio, la idoneidad de los productos usados.

**GRÁFICO 3.2**  
*Diagrama de Dispersión*  
*Productos elegidos Experimento con Hombres*



FUENTE: Elaboración Propia

Los productos seleccionados para el experimento con hombres fueron los siguientes:

**TABLA No. 3.3**  
**Productos Seleccionados - Experimento Hombres**

PRODUCTOS FUNCIONALES		PRODUCTOS HEDÓNICOS	
Servilletas De Papel	Calefactores	Lencería Femenina	Tablets
Reglas	Cortapelo	Marcos Digitales	Jacuzzis
Estanterías	Crema Protección Solar	Camisetas Hombre	Reproductores Mp4
Viseras	Chubasquero	Camisas Mujer	Pashmina Para Mujer
Bolígrafos	Detergente Lavadora	Zapatillas Hombre	Raqueta De Tenis
Ceras Pelo	Edredón	Camaras Digitales	Sales De Baño
Cuadernos	Espuma Afeitado	Radios Para Coches	Sombreros Hombre
Pilas Alcalinas	Guantes	Perfumes Hombre	Tabla Snowboard
Cuchillos	Ruedas	Teléfonos móviles	Televisores
Paraguas	Secadores	Brandy	Cremas Faciales
Exprimidores	Sillas De Escritorio	Bisutería Hombre	Ambientador Casa
Memoria Usb	Suavizante Ropa	Altavoces Ordenador	Aceites Para Masajes
Sillas Bebé Coche	Gomina	Perfumes	Pendientes
Pasta Dientes	Sartenes	Cavas	Crema Corporal
Perchas	Bowls	Acondicionador De Pelo	Incensos
Elixir Bucal	Espuma Pelo	Maquinas De Afeitar	Velas
Bufanda Hombre	Cuchillos Plástico	Corbatas	Pulseras
Carpetas	Tenedores	Chaquetas De Cuero	Champán
Cacao Instantáneo	Sillas	E-Books	Colgantes Hombres
Cereales	Platos	Gemelos	Perfume Mujer

FUENTE: Elaboración Propia

### **3.2.2 ADQUISICIÓN DE IMÁGENES POR RESONANCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL**

La fase de adquisición de imágenes por Resonancia Magnética Funcional se llevó a cabo en las instalaciones del Hospital General Universitario Gregorio Marañón, en el Servicio de Radiodiagnóstico de la Unidad de Medicina Experimental.

Como se ha explicado anteriormente, tanto las especificaciones técnicas del experimento, como los diseños experimentales fueron definidos por el equipo investigador a cargo del estudio, compuesto por investigadores de la Universidad Complutense de Madrid y del Laboratorio de Imagen Médica del Hospital General Universitario Gregorio Marañón.

#### **3.2.2.1 UNIDADES MUESTRALES**

##### **MUJERES.**

Para la fase de adquisición de imágenes, se usó una muestra de 29 mujeres, con edad entre los 30 y los 45 años, nivel de estudios universitarios, nivel de ingresos superior a 24.000€ brutos anuales y residentes en Madrid.

##### **HOMBRES.**

Para el caso de los hombres, la muestra estuvo compuesta por 23 hombres, con edad entre los 30 y los 45 años, nivel de estudios universitarios, nivel de ingresos superior a 24.000€ brutos anuales y residentes en Madrid.

Dadas las características técnicas de la máquina de resonancia magnética y las particularidades del experimento, se establecieron, en conjunto con el Laboratorio de Imagen Médica del Hospital General Universitario Gregorio Marañón, los siguientes requisitos, imprescindibles para los dos grupos de análisis:

- Sujetos con lateralidad derecha.
- Sin padecimiento de Claustrofobia.
- Preferiblemente con buena visión y en caso de presentar problemas visuales, capaces de distinguir objetos y textos ubicados a larga distancia, sin uso de gafas.
- Libres de implantes electrónicos, como Marcapasos Cardíaco, Estimulador de la Médula Espinal, Bomba de Insulina, ni portadores de prótesis metálicas o implantes como Clips por aneurismas cerebrales, Prótesis vasculares, articulares u óseas.

Específicamente para mujeres:

- Sin posibilidad alguna de estar embarazada
- Sin Dispositivos Intrauterinos (DIU) de ningún tipo en su interior.

### **3.2.2.2 MÉTODO**

La adquisición de imágenes se hizo usando el método de Secuencias BOLD (Blood Oxygenation Level Dependent), basado en la detección de los cambios locales que suceden en la oxigenación y el flujo sanguíneo cerebral, en respuesta a la actividad neuronal (Rojas, 2010).

Esta técnica de neuroimagen, utiliza los principios generales que relacionan estrechamente la actividad neuronal con el metabolismo y el flujo sanguíneo. Puede registrar cambios hemodinámicos cerebrales que acompañan la activación neuronal y permite la evaluación funcional de las regiones responsables de diverso tipo de tareas (Román, et al., 2010).

La adquisición de imágenes de fMRI asociada a procesos cognitivos es posible debido a tres factores: Que la actividad neuronal en una región específica produce un incremento en el flujo de oxihemoglobina en dicha área; Que la oxi- y la desoxi-hemoglobina tienen diferentes propiedades magnéticas; y Que los valores del tiempo de relajación T2\* dependen de las propiedades magnéticas del medio en el que se encuentran los núcleos de hidrógeno (Armony, et al., 2012).

Como es sabido, el oxígeno está unido a la hemoglobina, proteína sanguínea que lo transporta. La hemoglobina, se une también al anhídrido carbónico, por lo que el balance entre Deoxihemoglobina y Carboxihemoglobina refleja la actividad respiratoria celular.

Aprovechando que la Deoxihemoglobina es una sustancia paramagnética, que genera cambios locales en la homogeneidad del campo magnético, la Resonancia Magnética , utiliza secuencias de estimulación que permiten detectar el aumento de Deoxihemoglobina en una determinada zona cerebral, lo cual se traduce en una mayor actividad metabólica en dicha zona.

La relación entre el aporte de Deoxihemoglobina como respuesta fisiológica al inicio de una tarea en determinada zona y el consumo efectivo de oxígeno es positiva, por ello, la mayor parte de Deoxihemoglobina que ha acudido a la zona demandada pasará a los capilares venosos sin haberse transformado en Carboxihemoglobina presentando un nivel anormalmente alto de Deoxihemoglobina, fenómeno conocido como “Arterialización de la Sangre Venosa”, del cual se vale la Resonancia Magnética para formar imágenes que reflejan la actividad cerebral (Vendrell, et al., 1995).

De esta forma, las áreas con alta concentración de Deoxihemoglobina (con sangre altamente oxigenadas), presentarán una señal magnética mayor y con ello imágenes con más brillo que aquellas de zonas con una baja concentración o desoxigenadas, cuya señal magnética es menor (Amaro & Barker, 2006).

En cuanto al tercer factor mencionado, debe decirse que en ausencia de un campo magnético externo, los spins<sup>1</sup> de los núcleos de hidrógeno apuntan en direcciones aleatorias, por lo que la suma vectorial es cero y, por ende, el momento magnético total de la muestra es nulo.

---

<sup>1</sup> El spin se refiere a una propiedad física de las partículas subatómicas, por la cual toda partícula elemental tiene un momento angular intrínseco de valor fijo. El electrón es poseedor de una carga eléctrica negativa y al girar el electrón sobre su propio eje genera un campo magnético que se denomina spin.(Franco, 2015)

Al colocarse la muestra en un campo magnético  $B_0$ , los spins tienden a alinearse en la dirección de éste, generando así un momento magnético neto en dirección del campo externo (longitudinal).

Un breve pulso electromagnético  $B_1$  en dirección perpendicular a  $B_0$  inclina los spins al plano perpendicular reduciendo el momento magnético total longitudinal a cero. Al apagar el campo  $B_1$  los spins retornan gradualmente a su posición original, recuperándose de esta manera la magnetización en la dirección del campo externo  $B_0$ , proceso que se denomina relajación longitudinal o  $T_1$ . (Armony, et al., 2012).

En contraste, al apagar el campo  $B_0$ , la coherencia entre spins se va perdiendo por las interacciones entre núcleos vecinos, mediante un proceso de relajación transversal o  $T_2$ . Este proceso de relajación tiene una constante de tiempo que depende del medio en el que se encuentran los spins. (Armony, et al., 2012). La adquisición de imágenes del tipo  $T_2$  permite obtener una imagen anatómica del cerebro complementaria a la que se obtiene mediante la relajación longitudinal o  $T_1$ .

### ***Diseño del Paradigma.***

El método de secuencias BOLD alberga diferentes diseños de pruebas funcionales, conocidos como paradigmas o protocolos.

Un paradigma de fMRI, se define como la construcción de la estructura de organización temporal y de predicciones de comportamiento en relación con las tareas cognitivas ejecutadas durante un experimento con fMRI (Amaro & Barker, 2006).

Los experimentos en los que se basa el presente estudio se han basado en un Paradigma con Diseño en Bloque (*Box-Car Design*) cuyo objetivo es obtener una señal funcional por un tiempo suficiente para contar con una medida estadísticamente confiable (Rojas, 2010).



La realización de este tipo de paradigmas, requiere de la alternancia dos tipos de tareas que se conocen como “tareas de activación” y “tareas de control” para las cuales el tiempo invertido debe ser el mismo. (Rojas, 2010).

Los estímulos se presentan en bloques, de forma secuencial, mientras que las imágenes se adquieren en volúmenes para cada tarea, para posteriormente realizar el análisis computacional y la delimitación de las áreas funcionales.

En los experimento en los que se basa el presente estudio la delimitación de las áreas funcionales se llevó a cabo usando el Método de Sustracción, basado en el “Principio de Inserción Pura”<sup>2</sup>, cuyo objetivo es sustraer imágenes adquiridas cuando el sujeto se encuentra en condición de control (ejecutando tareas de control), de imágenes adquiridas mientras el sujeto se encuentra en condición activa (ejecutando tareas de activación) (Amaro & Barker, 2006).

### ***Descripción de Tareas.***

Durante el desarrollo de los experimentos en los que se basa el presente estudio, se presentaron alternativamente los dos tipos de tareas propios de un experimento en bloques (tareas de activación y tareas de control).

De acuerdo con la literatura relacionada y en atención al Principio de Inserción Pura, la única diferencia entre una tarea experimental y la de control es el factor de interés (Armony, et al., 2012), por lo cual, los estímulos usados en las tareas experimentales [o de activación] y de control, deben tener atributos visuales similares pero diferir en el atributo de interés. (Petersen & Dubis, 2012).

En este sentido y como se verá a continuación, las tareas definidas para los experimentos guardan similitud en sus atributos visuales, pero su interés funcional resulta completamente diferente.

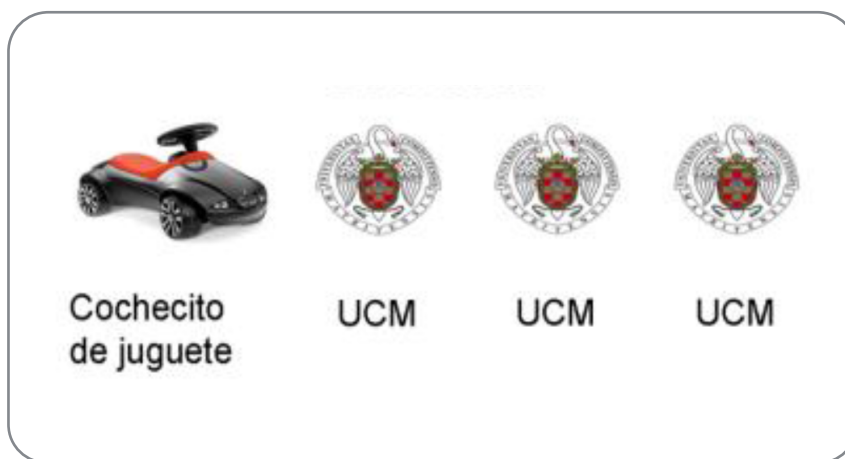
---

<sup>2</sup> El Principio de Inserción pura (Donders, 1869), plantea que la única diferencia entre una tarea experimental y la de control es el factor de interés y que la sustracción matemática de la respuesta aislará únicamente aquellas áreas específicamente involucradas en el proceso estudiado. De esta forma, supone que dos (o más) condiciones experimentales (tareas), pueden ser cognitivamente sumadas o sustraídas. (Amaro & Barker, 2006. Armony, et al., 2012)

### Tarea de Control

La tarea de control diseñada para los experimentos se basa en la realización de una tarea básica de selección con ejecución de una respuesta motora, en la que el sujeto experimental debía elegir con el mando ubicado en su mano derecha, la posición en la que se encontraba ubicado un coche de juguete de color negro. Esta tarea, requería que los sujetos hicieran una asociación entre la posición visual del coche y el dedo correspondiente.

**FIGURA 3.1**  
*Ejemplo Tarea de Control*



FUENTE: Material de la Investigación

### Tareas de Activación

Las tareas de activación, son la esencia del experimento puesto que involucran el proceso mental de interés para la investigación (Armony, et al., 2012). En los experimentos en los que se basa el presente estudio se pidió a los sujetos la realización de dos tipos de tareas de activación, así:

#### **I. TAREA DE COMPRA**

El objetivo de esta tarea, era que los sujetos experimentales decidieran entre cuatro productos disponibles, pertenecientes a la misma categoría de producto, cuál de ellos comprarían.

*FIGURA 3.2*  
*Ejemplo Tarea de Compra*

**SHAMPOO**

			
<b>TRESEMMÉ</b>	<b>FRUCTIS</b>	<b>H &amp; S</b>	<b>PANTENE</b>
<b>5,95 €</b>	<b>7,50 €</b>	<b>8,30 €</b>	<b>6,50 €</b>

*FUENTE: Material de la Investigación*

## II. TAREA DE SELECCIÓN

En contraste con la tarea anterior, el objetivo de esta tarea era que el sujeto identificara de entre cuatro productos, pertenecientes a la misma categoría de producto y marcados con precios iguales, cuál de los productos estaba marcado con un precio acertado.

*FIGURA 3.3*  
*Ejemplo Tarea de Selección*

**BB CREAM**

			
<b>GARNIER</b>	<b>L'OREAL</b>	<b>CLINIQUE</b>	<b>DIOR</b>
<b>9,50 €</b>	<b>9,50 €</b>	<b>9,50 €</b>	<b>9,50 €</b>

*FUENTE: Material de la Investigación*

### **3.2.2.3 PROCEDIMIENTO**

Los experimentos con FMRI suponen el cumplimiento de un protocolo médico en el que se estipula la firma de un consentimiento informado del paciente, en el cual se explica al paciente, en este caso sujeto experimental, la forma en que se llevará a cabo el procedimiento, las consecuencias y riesgos típicos del mismo, así como las condiciones bajo las cuales no es posible someterse a este tipo de exploración.

Para los efectos de los experimentos en cuestión, los sujetos experimentales firmaron dos consentimientos informados (Ver Anexos). Uno relacionado con el procedimiento de Resonancia Magnética específicamente y otro relacionado con la participación en el experimento correspondiente.

Mediante la firma de estos consentimientos, los sujetos declararon estar en capacidad de someterse a la prueba, entender de qué se trataba el procedimiento de resonancia y sus posibles riesgos y/o efectos secundarios, así como las condiciones del experimento.

Una vez firmados los documentos, se aplicó a los sujetos el Test de Dominancia Lateral de A.J.Harris (Ver Anexos), mediante el cual se confirmó su dominancia lateral en mano, pie y ojo definiendo si se trataba de lateralidad derecha, izquierda, cruzada, incompleta, ambidextra o incluso contrariada. Esto, teniendo en cuenta que una de las condiciones establecidas para las muestras era la de contar con lateralidad derecha.

Posteriormente, los sujetos siguiendo el protocolo técnico, se vistieron con las batas de examen provistas por el Hospital y retiraron sus objetos personales, especialmente joyas, objetos metálicos y prótesis extraíbles, con el fin de entrar al tubo de resonancia.

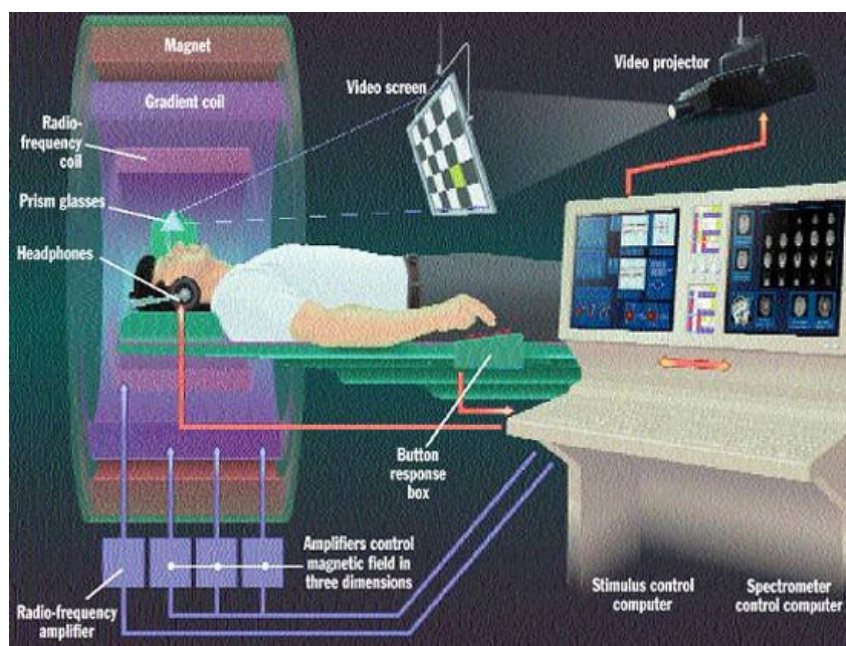
Una vez ubicados allí, en posición de decúbito, se explicó a cada uno de los sujetos la forma en que se llevarían a cabo los estudios y se hicieron las pruebas de sonido pertinentes con el fin de asegurarse de contar con una comunicación permanente con el técnico de radiología y el equipo investigador.

El siguiente esquema muestra cómo se presentan los estímulos a los sujetos, mediante una pantalla de proyección, visible desde su posición a través de un espejo ubicado en la parte superior de la antena ubicada en su cabeza.

Del mismo modo, muestra los audífonos colocados al sujeto para aislarle del ruido de la máquina, la almohada colocada con el fin de restringir el movimiento cefálico de los sujetos y la ubicación del mando mediante el cual se responde a cada una de las tareas.

FIGURA 3.4

*Esquema de Ubicación del Sujeto Experimental  
en la Máquina de Resonancia Magnética*



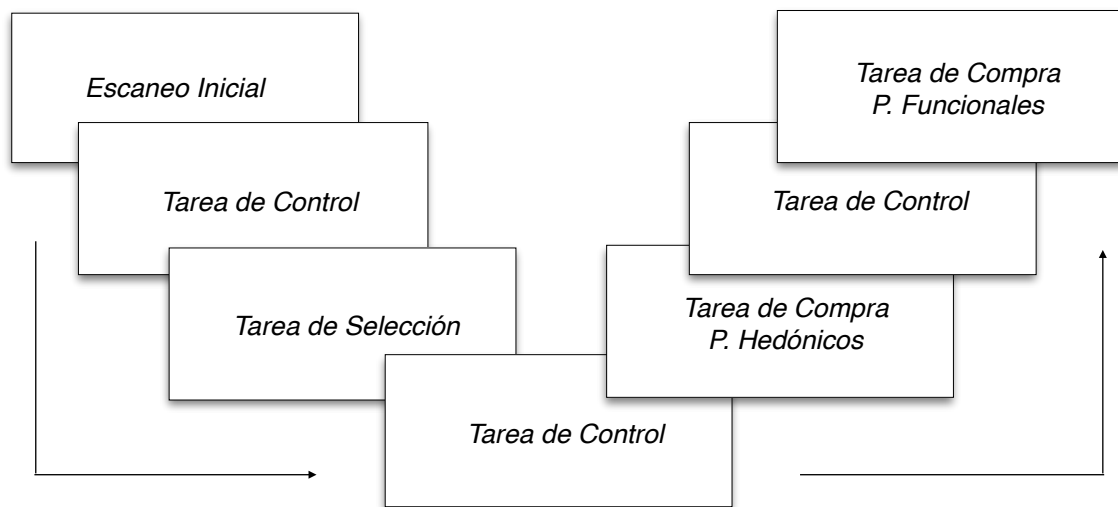
FUENTE: Dodds, 2015.

Previo inicio del experimento, se hizo un primer escáner o escaneo inicial, con el fin de contar con imágenes de la activación cerebral en estado basal de cada uno de los sujetos.

Mientras una persona reposa, inmóvil y relajada, en ambiente de calma, su cerebro sigue recibiendo y tratando informaciones remitidas por sus órganos vitales o producidas por el cerebro mismo. Esta "activación mínima" representa la actividad basal de referencia que es importante conocer porque para estudiar [mediante técnicas de neuroimagen], la activación de las áreas del cerebro implicadas en tal o cual tarea, se ha de disponer de un estado de referencia para el órgano en reposo. (Mazoyer, et al., 2002).

Seguidamente, el experimento con FMRI tanto en hombres como en mujeres se llevó a cabo en varias fases, alternadas con la tarea de control previamente descrita, así:

**FIGURA 3.5**  
*Esquema Presentación Estímulos*



FASE I. Tarea de Control - FASE II. Tarea de Selección - FASE III. Tarea de Control - FASE IV. Tarea de Compra P. Hedónicos - FASE V. Tarea de Control - FASE VI. Tarea de Compra P. Funcionales. *FUENTE: Elaboración Propia*

### 3.2.2.4 ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

Las imágenes fueron adquiridas en un resonador Philips Intera de 1,5 Tesla con antena Head Coil de 8 canales. Se realizó una secuencia anatómica T1 (T1 Sagital FFE 3D) para adquisiciones volumétricas de alta definición de todo el cerebro, de 1mm de espesor, para la localización posterior de las activaciones cerebrales.

Las secuencias funcionales, EPI (*Echo-Planar Imaging*) sensibles al efecto BOLD, se realizaron así:

**MUJERES:** 122 volúmenes cerebrales por serie, de 30 imágenes axiales (Espesor 5 mm, Tiempo de repetición = 3000 ms (3 segundos), Tiempo de Eco = 50 ms, Tamaño de voxel 3.59 X 3.59, Matriz 64 X 64).

**HOMBRES:** 150 volúmenes cerebrales por serie, de 20 imágenes axiales (Espesor 5 mm, Tiempo de repetición = 3000 ms (3 segundos), Tiempo de Eco = 50 ms, Tamaño de voxel 3.59 X 3.59, Matriz 64 X 64).

Dado que la señal con la que se trabaja en Resonancia Magnética es muy pequeña, puesto que proviene de un pequeño exceso de protones alineados paralelamente al campo magnético, es preciso repetir las mediciones varias veces para obtener una imagen que tenga utilidad clínica / experimental. Por esto se debe emplear más de un pulso de radiofrecuencia o secuencia de pulsos. Los intervalos de tiempo entre pulsos sucesivos se denominan *Tiempo de repetición o TR*. (Rivera, et al., 2011)

En contraste, el *Tiempo de Eco* es el intervalo de tiempo transcurrido entre la aplicación del pulso de radiofrecuencia y la captación de la señal de resonancia magnética o eco. (Armony, et al., 2012).

En cuanto a los voxels, debe decirse que son la unidad de representación espacial de las imágenes de resonancia magnética y representan la unidad mínima de tejido cerebral de cada imagen (Amaro & Barker, 2006). Los voxels al igual que los pixels

determinan la resolución de la imagen por lo cual a menor tamaño del voxel, mayor resolución tendrá la imagen cerebral.

Finalmente, debe decirse que las imágenes fueron adquiridas usando una secuencia gradiente de Eco o Echo Plannar potenciadas en T1.

Las imágenes potenciadas en T1 se obtienen usando tiempo de repetición y tiempo de eco cortos. Al usar tiempos de eco cortos, la información se adquiere antes de la relajación transversal; es por esto que las diferencias en el componente de la magnetización longitudinal entre los tejidos aparecen como diferencias en la intensidad de señal.

Debido a esto, estructuras con tiempos de relajación muy cortos, como la grasa, aparecen con alta intensidad de señal con respecto a aquellas con tiempos de relajación más prolongados, como el agua, por lo que estructuras ricas en agua, como el líquido cefalorraquídeo, se ven de muy baja intensidad de señal. Así mismo, la sustancia blanca del cerebro, por ser rica en grasa, se ve con mayor señal en relación con la sustancia gris, que tiene una baja señal por su alto contenido de agua. (Rivera, et al., 2011).

#### **3.2.2.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS IMÁGENES**

Las imágenes fueron procesadas usando el paquete de software SPM 8.0 (*Statistical Parametric Mapping*). Mediante este software, las imágenes fueron normalizadas espacialmente, haciendo correcciones de movimiento, y posteriormente suavizadas. Todas aquellas sesiones con movimientos mayores de 2 mm fueron excluidas del análisis estadístico.



Así mismo, todas las series fueron alineadas a la plantilla de cerebro estándar EPI (*Echo-Planar Imaging*) de SPM 8.0 cargado con coordenadas MNI<sup>3</sup>. Con el fin de realizar los análisis estadísticos pertinentes, estas coordenadas fueron posteriormente transformadas a coordenadas Tailarach<sup>4</sup> usando el módulo MNI2TAL de MATLAB 7.0.

El análisis estadístico, se llevó a cabo mediante un **Modelo Lineal General** (*General Linear Model - GLM*), cuyo objetivo es explicar la variación del curso del tiempo ( $y_1, y_i, Y_n$ ), en términos de una combinación lineal de variables explicativas y un término de error.

El modelo GLM se basa en una ecuación lineal expresada así:

$$Y = X * \beta + \varepsilon$$

Donde,

**Y** = Datos observados. Esto es, la señal BOLD en diferentes puntos temporales para un voxel.

**X** = Matriz de diseño. Esta matriz tiene una fila para cada punto de tiempo en los datos originales y una columna para cada variable que explica los datos observados. Para experimentos con fMRI, esta matriz tiene en sus columnas vectores correspondientes a los elementos “on” y “off” de los estímulos presentados.

**$\beta$**  = Parámetros. La contribución de cada componente de la matriz de diseño al valor de Y. Estimado con el fin de minimizar el error.

**$\varepsilon$**  = Error. Diferencia entre los datos observados, Y, y los predichos para el modelo.

---

<sup>3</sup> Sistema de coordenadas estereotáxicas 3D (X,Y,Z), ideado por el Montreal Neurological Institute and Hospital (MNI), usado como alternativa a las coordenadas de Talairach.

<sup>4</sup> Las Coordenadas Tailarach, enunciadas por los neurocirujanos Jean Talairach y Gabor Szikla en su trabajo “Atlas de Tailarach” (1967), corresponden a un sistema de coordenadas 3D, que se utiliza para mapear la ubicación de las estructuras cerebrales.

En general, el modelo GLM permite encontrar los parámetros ( $\beta$ ) que proveen el mejor ajuste de los datos observados ( $Y$ ). La estimación óptima de los parámetros se encuentra al minimizar la diferencia entre las sumas de cuadrados del modelo de predicción y los datos observados.

Al encontrar la magnitud de los parámetros ( $\beta$ ) para los vectores correspondientes a los elementos “on” y “off” de los estímulos presentados, es posible detectar la presencia o ausencia de activación para cada dato.

Adicionalmente, fue necesario realizar un análisis para contrastar los efectos reales de la tarea principal y aislarlos de aquellos derivados de otras actividades realizadas durante el experimento, como la motora. Para tal efecto, se realizó un t-test de una muestra (***One-sample t-test***).

Mediante este análisis, se estudió la evolución de la temporalidad tanto de la activación derivada de la actividad motora como de la activación propia de las tareas de interés y de esta forma se pudo contrastar la activación derivada de la tarea principal

Finalmente, dado que en los casos de comparaciones múltiples hay posibilidades de “falsos positivos” (errores tipo I), fue necesario corregir los resultados con el fin de hacer comparaciones múltiples fiables. Para ello, se hizo una evaluación de la significancia voxel a voxel usando el parámetro *False Discovery Rate (FDR)*  $p < 0.01$  combinado con un límite para el tamaño de clusters de 5 voxels.

El resultado final de estos procesos, fueron los mapas cerebrales 3D, con la activación neuronal observada durante la realización de cada una de las tareas realizadas, tanto para el grupo de hombres como para el grupo de mujeres.

Estos mapas cerebrales finales se obtuvieron mediante la superposición de las imágenes anatómicas obtenidas, sobre las plantillas anatómicas provistas por el paquete de software MRIcron.

Para concluir el análisis, con el fin de contar con una visualización directa de la forma en que las observaciones se encontraban agrupadas, se procedió a la realización de un **Análisis Cluster**, usando la función K-means de MATLAB 7.0.

Esta técnica fue ejecutada para cada una de las tareas y cada uno de los grupos de análisis, aplicando unos límites específicos, expresados en tamaño mínimo de clusters, grados de libertad, intensidad y valor de p, que permitieron encontrar diferentes grupos de píxeles, homogéneos, con alto nivel de correlación.

**CAPÍTULO IV.**  
**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## 4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como se mencionó en el apartado anterior, como resultado del análisis de la información, a nivel gráfico, se cuenta con nueve cortes axiales, un corte coronal y un corte sagital para cada una de las tareas y cada uno de los grupos de análisis (hombres - mujeres).

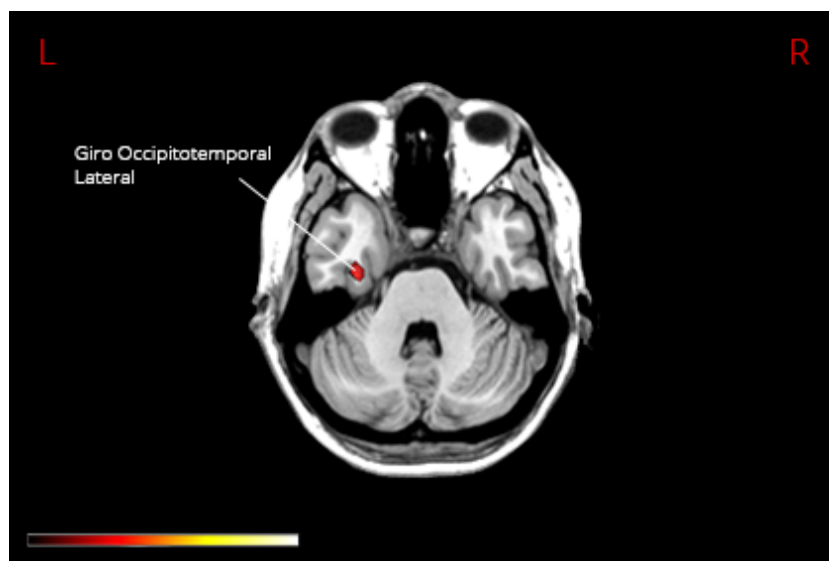
En primera instancia, se analizarán los resultados gráficos haciendo una comparación de los mismos entre los grupos de análisis y posteriormente, se incorporará la información estadística obtenida, con el fin de obtener en un apartado posterior, las conclusiones que sustenten la contrastación / falsación de las hipótesis planteadas.

### 4.1.1 ANÁLISIS DE IMÁGENES

#### 4.1.1.1 TAREA DE COMPRA PRODUCTOS HEDÓNICOS

IMAGEN 4.1

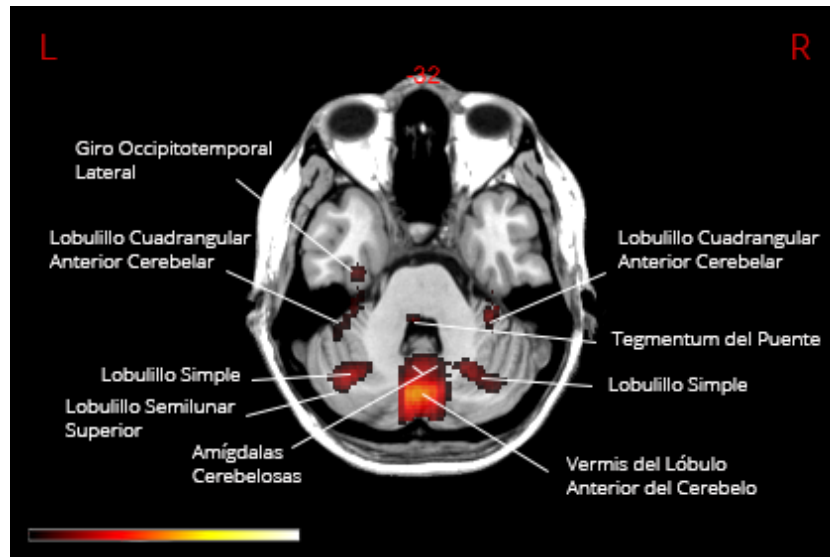
*Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 1 - Hombres*



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.2

Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 1 - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

En este corte la principal evidencia es la activación de un mayor número de zonas en mujeres, en comparación con hombres.

En hombres sólo es visible la activación del giro occipitotemporal lateral izquierdo, correspondiente a la parte lateral del giro fusiforme, localizado entre el giro lingual y el giro parahipocampal y asociado al área 37 de Brodmann.

Aunque las funciones del Giro Fusiforme aún no están cien por cien identificadas, a la fecha se asocia esta estructura cerebral con el procesamiento visual, especialmente del color, y el reconocimiento de objetos, rostros y palabras.

Las señales visuales del área fusiforme se transmiten a la amígdala cerebral para evaluar el contenido emocional. La activación de la amígdala puede potenciar respuestas del giro fusiforme en forma descendente y a su vez, es probable que retroalimente a la corteza occipital mediante la corteza parietal para prestar más atención y simplificar la señal de los objetos emocionalmente notables. (Adolphs, 2002).

En mujeres por su parte, además del Giro Fusiforme izquierdo, se evidencia la activación en varias zonas del cerebelo como son:

- Lobulillo simple bilateral. Subdivisión más rostral del del lóbulo posterior y comprende el lóbulo cuadrangular anterior y el declive del vermis.
- Lobulillo semilunar superior (rostralis) izquierdo, que junto con la parte inferior del lóbulo, forma el Lóbulo de Larsell o ansiforme.
- Lobulillo cuadrangular anterior derecho. Segmento del lóbulo anterior en la superficie superior del hemisferio cerebelar, localizado entre la fisura post-central en la parte anterior y la fisura primaria de forma posterior.
- Tegmentum del puente. Porción ensanchada del tronco encefálico que constituye un "puente" de comunicación entre el cerebelo, y el tronco encefálico.
- Vermis, Estructura estrecha ubicada en la parte media de los dos hemisferios cerebelares, encargada de transmitir información desde y hacia las cortezas cerebelares y cerebrales.
- Amígdalas cerebelosas. Estructuras con forma de lóbulos redondeados ubicadas bajo la superficie de cada uno de los hemisferios cerebelares. No guardan relación alguna con las amígdalas cerebrales, con conocida importancia por su papel en la regulación de las emociones.

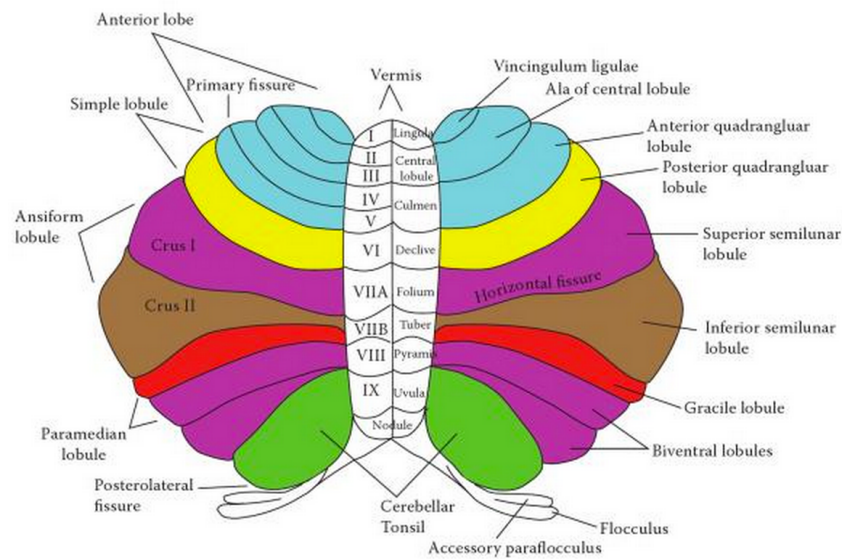
Como es visible en la imagen, el vermis está dividida en nueve zonas, cada una de las cuales recibe información de áreas corticales de cada uno de los hemisferios. Funcionalmente, los hemisferios y el vermis se conectan con los núcleos profundos y, a nivel del tronco cerebral, con componentes de las vías motoras descendentes.

Estas conexiones, se organizan circuitos neuronales que representan tres unidades funcionales, cada una con entradas y salidas: la división vestibulo cerebelosa, la división espino-cerebelosa y la división cerebro-cerebelosa.

La primera recibe vías desde el núcleo vestibular, ubicado en la médula espinal y tiene salida hacia ese mismo núcleo. Se relaciona con el control de los movimientos oculares y del equilibrio corporal en las posiciones bípedas y durante la marcha. (Arslan, 2014).

FIGURA 4.1

*Asociación de Áreas Corticales Cerebelares en el Vermis*



FUENTE: Arslan, 2014

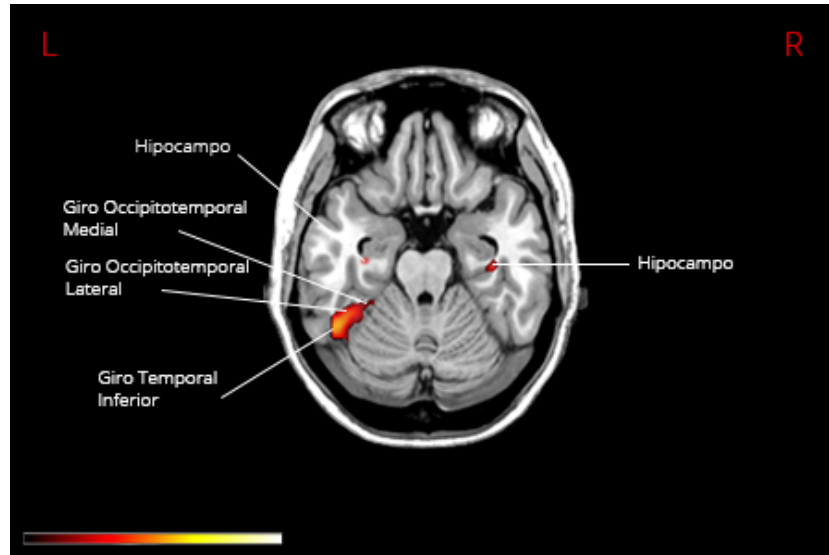
La segunda, anatómicamente comprende el vermis y la zona intermedia. Su principal entrada se origina desde la médula espinal y su salida es a través de los núcleos profundos para conectarse a los componentes de las vías motoras descendentes. Esta división recibe información sensorial de la periferia y participa en la regulación de la ejecución de los movimientos de las extremidades. (Arslan, 2014).

La tercera, está representada por la parte lateral de los hemisferios. Recibe información desde los núcleos del puente y envía información a través del núcleo dentado hacia el tálamo, información que continúa hacia las cortezas motoras y premotoras. (Arslan, 2014).



IMAGEN 4.3

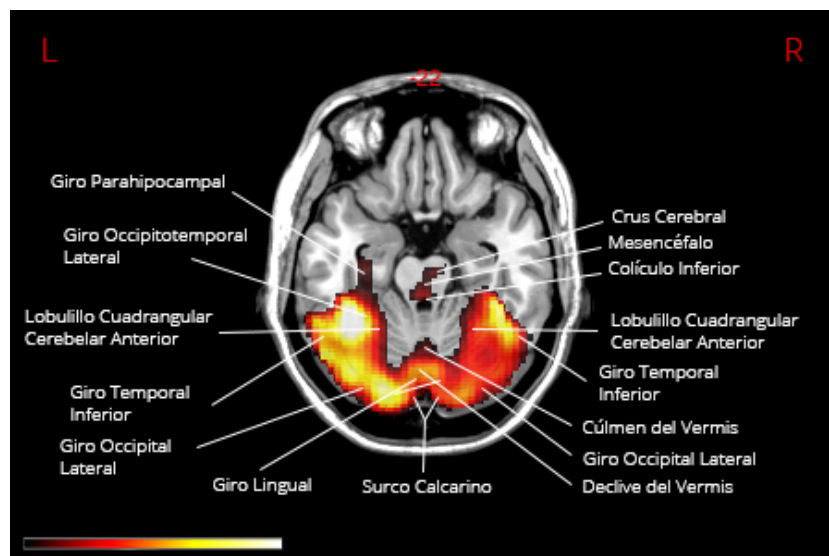
Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 2 - Hombres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.4

Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 2 - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

Al analizar este segundo corte, nuevamente se evidencia una activación mayor en el cerebro femenino, tanto a nivel de estructuras corporales, como a nivel de dimensión de las mismas.

En hombres, se mantiene la activación del giro occipitotemporal lateral izquierdo, esta vez con adición del giro occipitotemporal medial en el mismo hemisferio, lo cual indica una activación total del giro fusiforme. Area 37 de Brodmann que como ya se indicó está relacionada con el procesamiento visual, especialmente del color, y el reconocimiento de objetos, rostros y palabras.

Así mismo, se evidencia la activación del Giro Temporal Inferior izquierdo, con gran importancia en el procesamiento visual de estímulos y el reconocimiento de objetos. Adicionalmente, esta zona contribuye con el procesamiento simple del campo visual, tareas de percepción y la conciencia espacial. Corresponde con el área 20 de Brodmann, la cual se asocia al procesamiento visual de alto nivel y la memoria de reconocimiento.

Su parte posterior se asocia con el procesamiento de letras y palabras y se distingue como una zona de integración de información proveniente de distintas regiones cerebrales. De hecho, se han encontrado amplias conexiones recíprocas de esta estructura con la corteza temporal ventromedial, a través de las cuales se asignan valores emocionales a objetos visuales. (Silva, 2008).

En cuanto al hipocampo, activado bilateralmente, debe recordarse que se trata de una estructura de gran importancia dentro del sistema límbico, por sus labores relacionadas con la formación de la memoria y el recuerdo.

En relación con las mujeres, además de las áreas anteriormente mencionadas, en conjunción con los hombres, se evidencia la activación de las siguientes áreas:

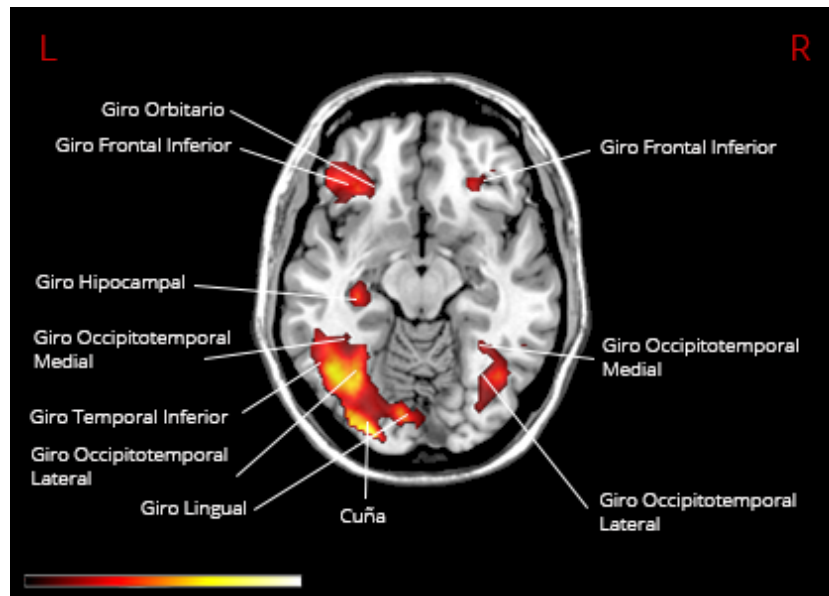
- Giro lingual. Estructura cerebral vinculada con el procesamiento visual, especialmente en relación con las letras y la percepción cromática. Se cree que desempeña también un papel en el análisis de las condiciones lógicas (orden lógico de eventos) y la codificación de recuerdos visuales.

- Giro parahipocampal. Área cortical que rodea el hipocampo y forma parte del sistema límbico. Desempeña un papel importante en la codificación de la memoria y la recuperación de recuerdos.
- Giro occipital lateral. Divide la superficie lateral del lóbulo occipital en dos giros, superior e inferior. Corresponde a las Áreas de Brodmann 18 y 19. La primera, un área de asociación visual responsable de la interpretación de las imágenes y la segunda, encargada de la extracción de las características principales de las imágenes, del reconocimiento de formas, la atención y funciones de integración multimodales.
- Surco calcarino. Es un punto de referencia anatómico situado en el extremo caudal de la superficie medial del cerebro. En esta zona se concentra la corteza visual primaria. El campo visual central se encuentra en la parte posterior del surco calcarino y el campo visual periférico en su porción anterior.
- Mesencéfalo. Es una porción del Sistema Nervioso Central a las que se asocian funciones visuales, auditivas, de control motor, control del sueño, estado de atención (alerta) y regulación de la temperatura. Está compuesto por numerosas estructuras, de las cuales se evidenció activación en las siguientes:
  - Crus cerebral. Ubicado en la porción anterior del pedúnculo cerebral, este tracto de nervios transporta las órdenes a las partes del cuerpo para controlar los movimientos.
  - Colículo inferior. Núcleo principal del mesencéfalo, está implicado en el proceso auditivo y la interacción con el sistema somato-sensorial.

Debe señalarse que toda la corteza occipital está relacionada con funciones visuales y consta de las áreas de Brodmann 17 (corteza visual primaria), 18 (CV secundaria) y 19 (CV terciaria), por lo cual dada la naturaleza de la tarea realizada por los sujetos, su activación resulta consecuente.

IMAGEN 4.5

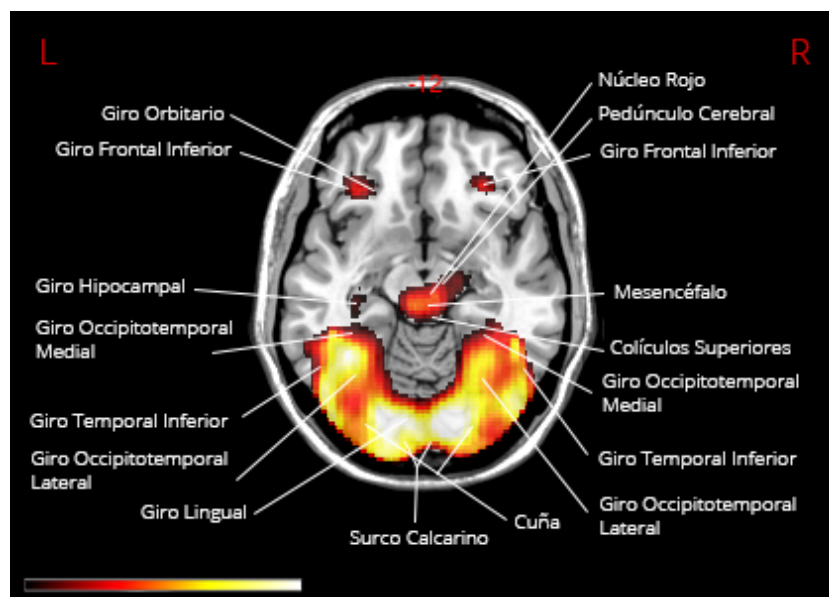
Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 3 - Hombres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.6

Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 3 - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

En el corte número 3, comienzan a vislumbrarse las activaciones en el lóbulo frontal. Como principal diferencia entre los grupos de análisis puede decirse que hay una mayor y más marcada activación en las estructuras cerebrales del lóbulo occipital y que en el grupo de mujeres se evidencia una activación en estructuras mesencefálicas no identificada en el grupo de hombres.

Comenzando por el grupo de hombres, en este corte se mantiene la activación de los Giros Hipocampal, Giro Occipitotemporal Lateral y Medial y Giro Temporal Inferior. En este corte, se evidencia la activación del Giro Lingual, en su porción izquierda, área esta que como ya se mencionó se trata de una estructura cerebral vinculada con el procesamiento visual, especialmente en relación con las letras y la percepción cromática, que se cree igualmente, que desempeña funciones de análisis lógico y de codificación de recuerdos visuales.

Adicionalmente, es visible la activación del Giro Frontal Inferior bilateral, el Giro Orbitario u Orbital izquierdo y la Cuña.

El Giro Frontal Inferior, está relacionado con las funciones ejecutivas. Esta zona del cerebro está implicada en tareas de acción (“go- no go tasks”) y se relaciona con la inhibición de respuestas y la aversión al riesgo. Así mismo, se relaciona con tareas semánticas, procesamiento sintáctico y fonológico, al corresponder con las áreas de Brodmann 44 (Área de Brocca) y con 45 y 47.

Por su parte, el Giro Frontal Orbital está ubicado en la corteza orbitofrontal, área implicada en la toma de decisiones, en la representación emocional de los refuerzos y la valoración de resultados esperados. Corresponde al área de Brodmann 11 y se caracteriza por la gran conexión con otras áreas como el sistema límbico y las cortezas somato-sensoriales.

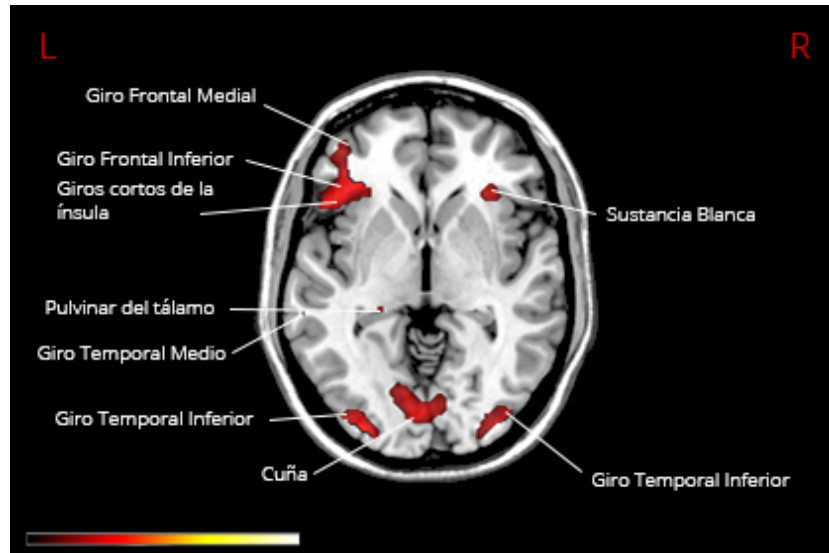
En cuanto a la Cuña, puede decirse que es un pequeño lóbulo ubicado en la parte occipital del cerebro. Corresponde al área de Brodmann 17 y se cree que está implicada en el procesamiento visual básico. Adicionalmente, se cree que está relacionada con el control inhibitorio y la valoración de resultados esperados.

En el grupo de las mujeres, además de las anteriores zonas reseñadas en las imágenes del grupo de hombres, se evidencia una activación en una mayor proporción de zonas mesencefálicas, así:

- **Núcleo Rojo.** Esta porción del mesencéfalo ventral, localizada en el tegmentum, se implica en funciones de coordinación motora. Se relaciona con control de muscular de las extremidades.
- **Pedúnculo Cerebral.** También conocido como pedúnculo base, cuenta con numerosos tractos nerviosos encargados de transmitir información motora desde y hacia el cerebro al resto del cuerpo.
- **Colículos Superiores.** Uno de los principales componentes del mesencéfalo. En su parte superficial, recibe información somato-sensorial desde otras estructuras cerebrales y en su parte ventral se relaciona con la actividad motora y la activación de movimientos oculares.

IMAGEN 4.7

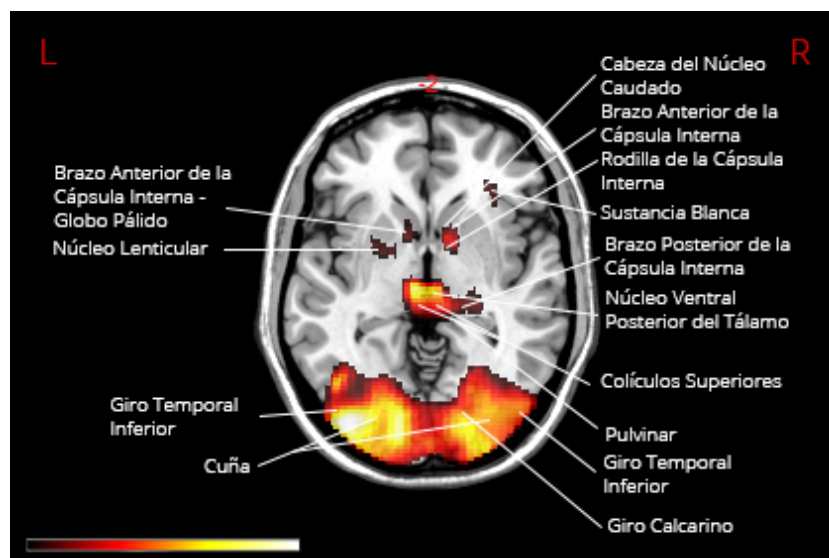
Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 4 - Hombres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.8

Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 4 - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

En este corte, nuevamente se evidencia una activación mayor tanto en dimensión como en número para el grupo de mujeres, en comparación con el grupo de hombres.

Comenzando con el grupo masculino, se evidencia una activación del Giro Frontal Medial, respecto al cual puede decirse que está ubicado en la corteza prefrontal medial, la región de la corteza prefrontal más relacionada con la capacidad de mentalización (Shallice, 2001), concepto también conocido como Teoría de la Mente.

Esta zona, se relaciona con la habilidad para comprender y predecir la conducta de otras personas, sus conocimientos, sus intenciones y sus creencias. Está implicada en la interpretación de emociones básicas, la capacidad de captar el discurso metafórico, las mentiras o la ironía, la posibilidad de interpretar emociones sociales complejas a través de la mirada, la cognición social y la empatía (Tirapu-Ustárrroz, et al., 2007).

El Giro Frontal Medial corresponde a las áreas de Brodmann 8 y 9, la primera implicada en el movimiento ocular y la segunda con gran importancia en tareas como la memoria a corto plazo, las respuestas automáticas, la fluidez verbal, la detección de errores, la atención verbal auditiva, la inferencia, el razonamiento inductivo, la atención sostenida, entre otras.

En su hemisferio izquierdo es al menos parcialmente responsable de la empatía, el procesamiento de estímulos emocionales agradables y desagradables y la atención a emociones negativas.

En el hemisferio derecho, por su parte, esta zona está involucrada en la atribución de intención, la teoría de la mente, la memoria de trabajo, la memoria espacial, el reconocimiento de las emociones de los demás, la planificación, el cálculo, el procesamiento semántico, la religiosidad y la atención a las emociones positivas.

Las tareas de este Giro, aportan al Sistema límbico ya que se encuentran conectados a éste a través de la Corteza Prefrontal Ventromedial.

El Giro Temporal Medio, ubicado en el lóbulo temporal medio, está compuesto por una variedad de estructuras cerebrales imprescindibles para la ejecución de la Memoria



Declarativa o de largo plazo. Alberga el hipocampo, que modulado por la amígdala, está altamente implicado en la formación de este tipo de memoria.

Coincide con el área de Brodmann 21, implicada en el procesamiento auditivo y el lenguaje. Gracias a esta área es posible el reconocimiento de caras conocidas y el acceso al significado de las palabras durante la lectura.

Por su parte, el Giro Corto de la Ínsula se encuentra ubicado en la corteza o lóbulo insular que se cree está involucrado en la conciencia y desempeña un papel en diversas funciones vinculadas con la emoción y la regulación de la homeóstasis del organismo como la percepción, el control motor, la conciencia de sí mismo, el funcionamiento cognitivo, y la experiencia interpersonal.

Finalmente, el Pulvinar del tálamo, perteneciente al grupo nuclear posterior, con funciones asociativas, se ha sugerido que ayuda a filtrar información específica para ser procesada posteriormente. La información de casi todos los receptores sensoriales hace un relevo en el tálamo, de donde se transmite al resto del cerebro. Por lo tanto, el tálamo adicionalmente juega un papel en la atención al ser el lugar en el cerebro donde la información se modula. (Perea & Ladera, 2004).

En el grupo femenino, en adición a la áreas mencionadas anteriormente, se ha evidenciado activación en los denominados “núcleos basales” (núcleo caudado, núcleo lenticular, tálamo y cuerpo amigdalóide), encargados de recibir información desde la corteza cerebral, integrarla, procesarla y enviarla a través del tálamo de vuelta a áreas específicas de la corteza cerebral para influir en el control motor.

El Núcleo Lenticular o Núcleo Lentiforme, está compuesto a su vez por el Putámen, el Globo Pálido Lateral y el Globo Pálido Medial.

El Núcleo Caudado, hace parte del sistema responsable de los movimientos voluntarios, e igualmente se cree que está implicado en los procesos de aprendizaje, memoria, regulación del sueño y comportamiento social.

En cuanto a sus conexiones, puede decirse que las regiones dorsales del núcleo caudado reciben conexiones de las regiones dorso-mediales de la corteza cerebral, mientras que las regiones ventrales y mediales de la cabeza del núcleo caudado reciben proyecciones de las regiones mas laterales de la corteza (lóbulo temporal). También se ha podido determinar que la corteza sensitiva y motora primaria se conectan con el núcleo caudado bilateralmente. (Middleton & Strick, 2000).

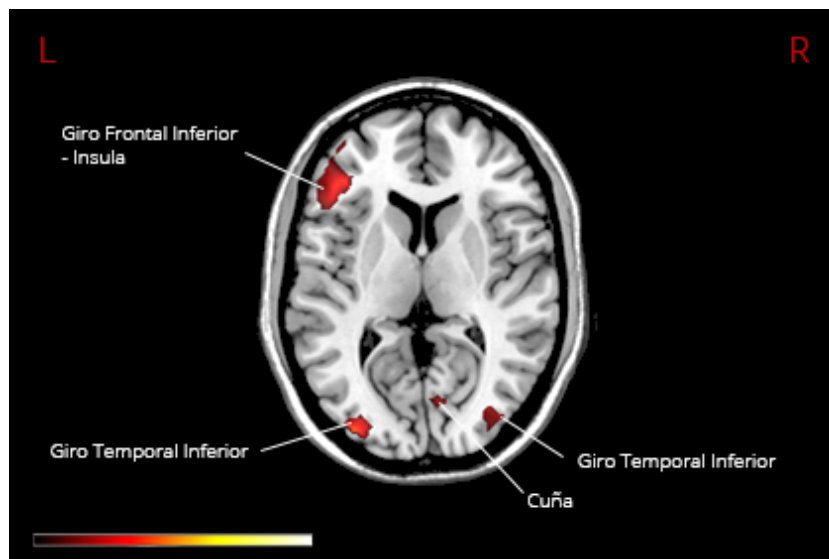
La Cápsula Interna, por su parte, es una estructura de materia blanca, encargada de transferir información desde y hacia las cortezas cerebrales a través de sus fibras ascendentes y descendentes.

Finalmente, en relación con el Núcleo Ventral del Tálamo, debe decirse que diversas investigaciones sugieren que recibe información proveniente de diferentes vías que transmiten principalmente el dolor, el sentido de la temperatura del torso y las extremidades, el sentido del tacto y los sentimientos relacionados a la posición conjunta del tronco y las extremidades.

En cuanto al Giro Calcarino, como ya se mencionó, está relacionada con el área de Brodmann 17 en la que se concentra la corteza visual primaria.

IMAGEN 4.9

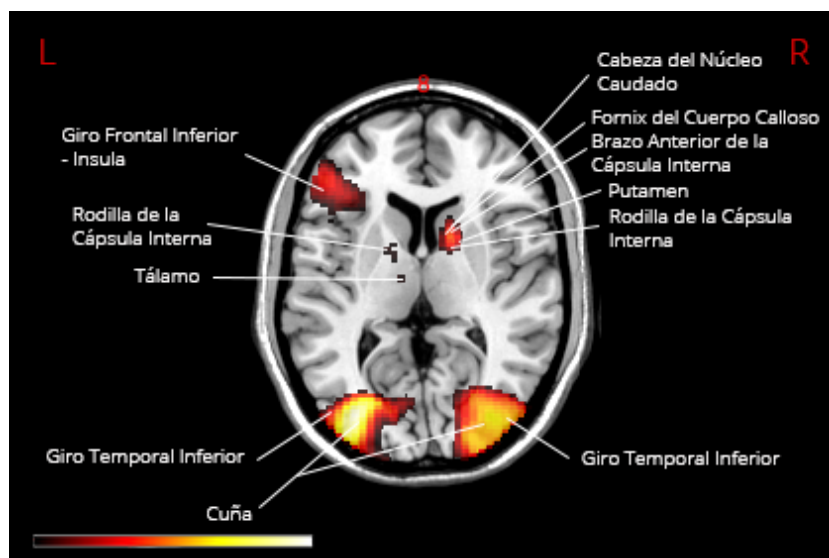
Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 5 - Hombres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.10

Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 5 - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

En el quinto corte axial, nuevamente se evidencia una activación de estructuras pertenecientes a los Núcleos Basales y la Cápsula Interna, activación ésta no identificada en el grupo de los hombres, cuya activación se restringe al Giro Frontal Inferior, Giro Temporal Inferior, Ínsula y Cuña.

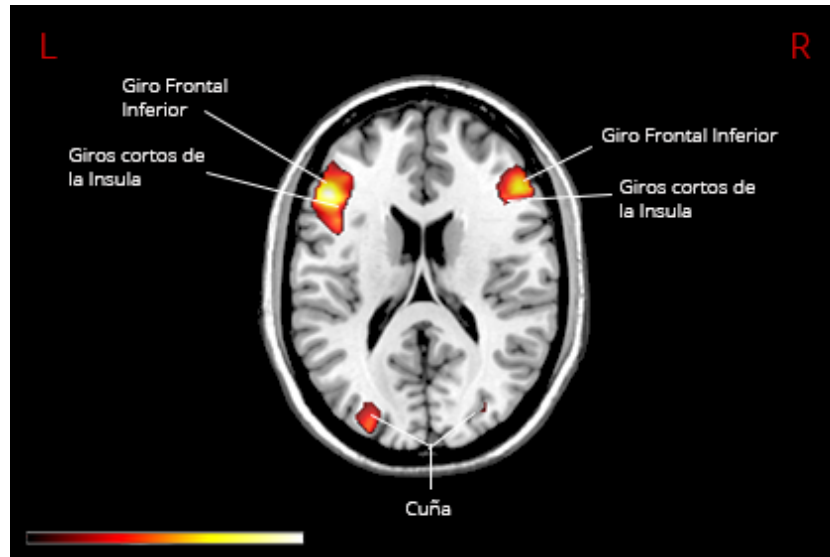
En el grupo de mujeres, se evidencia activación en esas mismas cuatro áreas, sin embargo se observa una activación mayor tanto en intensidad como en dimensión de la zona activada.

Así mismo, se observa la activación de una zona del cuerpo calloso, encargado de conectar los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo, coordinando las funciones de ambos. Se trata del Fornix del Cuerpo Calloso, una paleocomisura, con forma de arco, que presenta un cuerpo, columnas y pilares y se encuentra pegado al cuerpo calloso.

Puede definirse como un conjunto de fibras de conexión que vienen de la región del hipocampo, dan la vuelta completa y van a llegar adelante, a los cuerpos mamilares, a conectar con el hipotálamo. (Martín, 2003).

IMAGEN 4.11

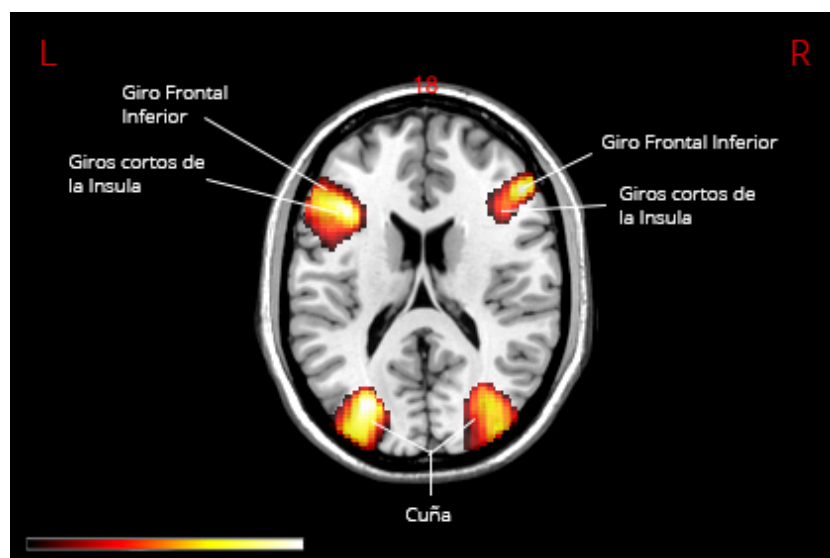
Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 6 - Hombres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.12

Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 6 - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

En el sexto corte, es visible que las zonas activadas se homogenizan, siendo éstas las mismas para los dos grupos de análisis. No obstante, se mantiene la observación relacionada con una activación mayor tanto en intensidad como en dimensión en el grupo de las mujeres, en comparación con el grupo de hombres.

Se evidencia la activación para ambos géneros del Giro Frontal Inferior encargado de la ejecución de tareas de acción ("go - no go tasks"), la inhibición de respuestas y la aversión al riesgo, así como tareas semánticas, procesamiento sintáctico y fonológico. Esta zona se asocia con las Áreas de Brodmann 44 (Área de Brocca) y 45.

Dentro del proceso de toma de decisiones, es a través del Giro frontal inferior que las señales de la Corteza Prefrontal Dorsolateral dlPFC se retransmiten a la vmPFC. Debe recordarse que la Corteza Prefrontal Dorsolateral dlPFC evalúa el valor de la acción y la recompensa.

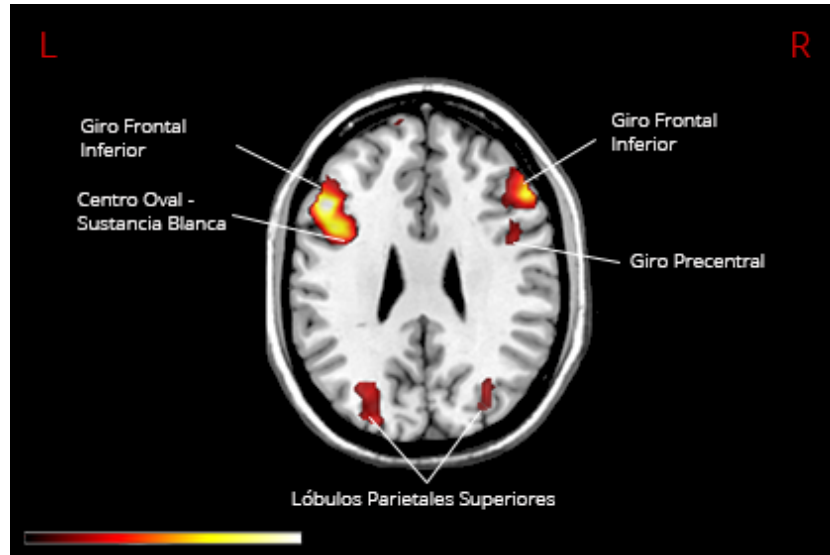
Así mismo, hay una activación de la Ínsula, estructura que se cree está involucrada en la conciencia y desempeña un papel en diversas funciones vinculadas con la emoción y la regulación de la homeóstasis del organismo como la percepción, el control motor, la conciencia de sí mismo, el funcionamiento cognitivo y la experiencia interpersonal.

Del mismo modo, estudios sugieren la implicación de la ínsula en la predicción de errores en el riesgo inherente a la decisión. (Preuschoff, et al. 2008).

Finalmente, debe decirse que se evidencia la activación de la cuña, un pequeño lóbulo ubicado en la parte occipital del cerebro que corresponde al área de Brodmann 17, que se cree está implicado en el procesamiento visual básico, el control inhibitorio y la valoración de resultados esperados.

IMAGEN 4.13

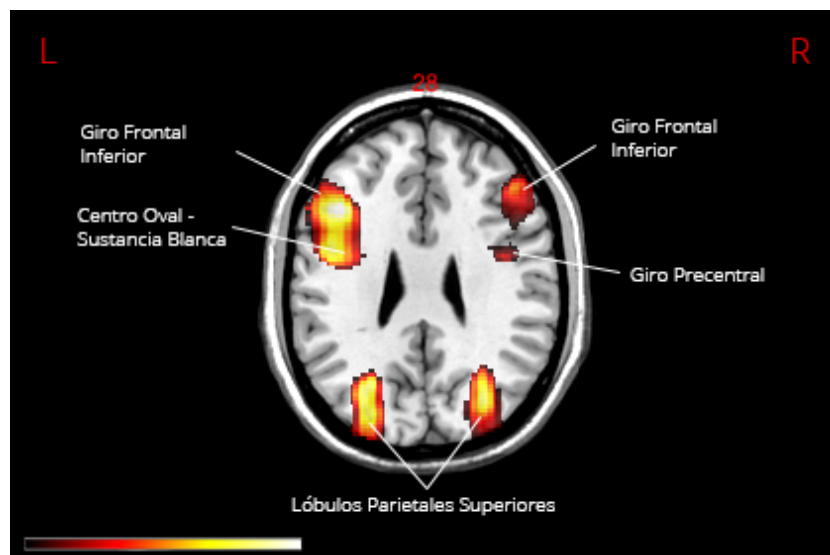
Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 7 - Hombres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.14

Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 7 - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

Por su parte, en el corte séptimo, al ascender en la visualización del cerebro, es posible evidenciar la activación de los Lóbulos Parietales Superiores, así como del Giro Precentral y el Centro Oval.

Es de resaltar que estas tres nuevas áreas están presentes tanto en hombres como en mujeres, validando la afirmación previa de una mayor homogenización en las zonas activadas al superar el corte 18.

En cuanto a las funciones de las áreas activadas, debe decirse que los Lóbulos Parietales Superiores contienen las áreas de Brodmann 5 y 7. Están implicados en labores de orientación espacial y coordinación viso-motora y reciben información de las cortezas visuales e información sensorial proveniente de las manos.

Por su parte, el Giro Precentral, corresponde al Área de Brodmann 4 y se considera el centro de la corteza motora primaria, implicada en la planeación, control y ejecución de movimientos voluntarios.

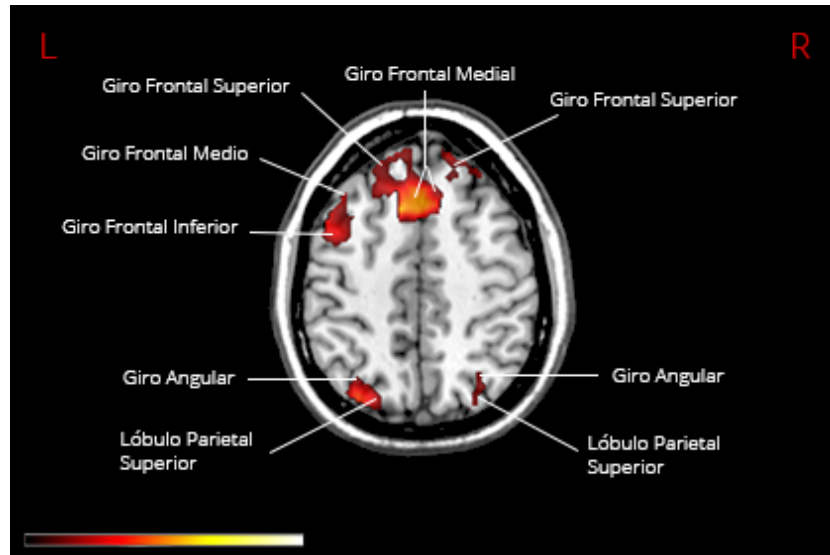
Finalmente, el Centro Oval o Corona Radiada, es un conjunto de fibras nerviosas con forma de abanico, que atraviesa la sustancia blanca hacia la corteza cerebral y desde ésta se dirige hacia el tronco del encéfalo. Converge sobre los núcleos basales y pasa entre ellos como la cápsula interna. Su función principal se centra en la transmisión de información.

Esta activación, junto con la del cuerpo calloso mencionada con anterioridad han de tenerse en cuenta por canto dan pista de aquella conexión interhemisférica de la que se habló en el Marco Teórico y que es una característica propia del género femenino.



IMAGEN 4.15

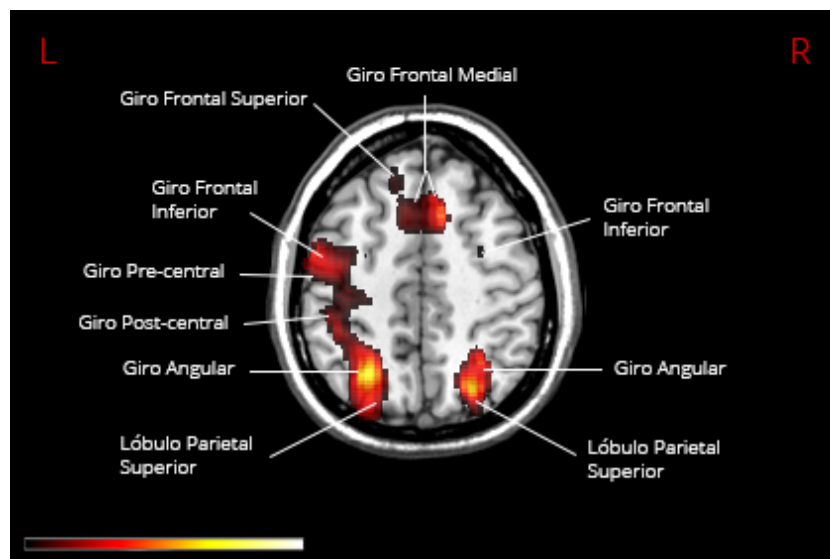
Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 8 - Hombres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.16

Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 8 - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

Hasta este punto, en todas las zonas activadas en el cerebro masculino estaban presentes en el inventario de zonas activadas en el grupo de mujeres, no obstante, en este corte los hombres presentan una activación adicional en el Giro Frontal Medio que si bien es visible para mujeres en un corte posterior, bien vale la pena mencionar.

Adicional a las áreas reseñadas en cortes previos, en este corte, hay activación en el Giro Frontal Medio, Giro Frontal Superior y Giro Angular para los dos géneros.

El Giro Frontal Medio, al igual que el Giro Frontal Medial, coincide con el área 9 de Brodmann, al igual que con el área 10, implicada en la memoria de trabajo y conocida como el área de “puente cognitivo”, que permite a una tarea previamente en ejecución ponerse en stand-by para ser retomada con posterioridad.

No obstante lo anterior, el principal papel del Giro Temporal Medio, radica en su coincidencia con la Corteza Dorsolateral Prefrontal (DLPFC) (área 46 de Brodmann), clave en los procesos de atención y memoria e igualmente relacionada con conductas de auto-control y aprendizaje.

El Giro Frontal Superior, es correspondiente con las áreas de Brodmann 4, 6 y 8, en las que se encuentran la corteza motora primaria, responsable de la generación de los impulsos neuronales que controlan la ejecución del movimiento; la corteza premotora, encargada de guiar los movimientos y el control de los músculos proximales; y el campo frontal ocular, encargado del control del movimiento ocular.

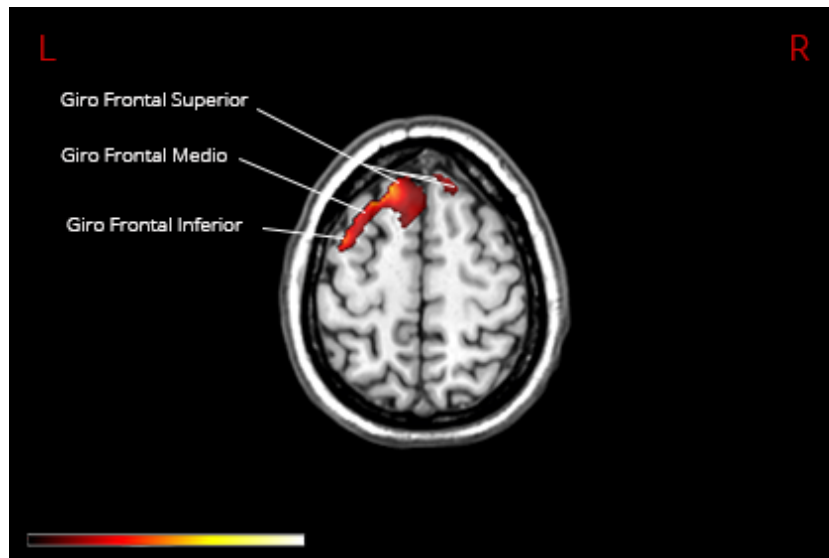
Por su parte, el Giro Angular, ubicado en el área de Brodmann 39, encima y debajo del área de Wernicke, interviene en la transformación del modelo visual de una palabra en su modelo auditivo, es decir, actúa como forma de paso entre la región visual y la auditiva. Igualmente, esta zona está relacionada con funciones complejas del lenguaje (lectura, escritura, interpretación de textos), procesamiento numérico, pensamiento espacial, memoria, atención y “teoría de la mente”.

Para el grupo de las mujeres, además de las zonas anteriores, se observa en este corte, la activación del Giro Post-central, que corresponde al área sensitiva somática

primaria y el Giro Pre-central, en el que está ubicada la corteza motora primaria (Área de Brodmann 4).

IMAGEN 4.17

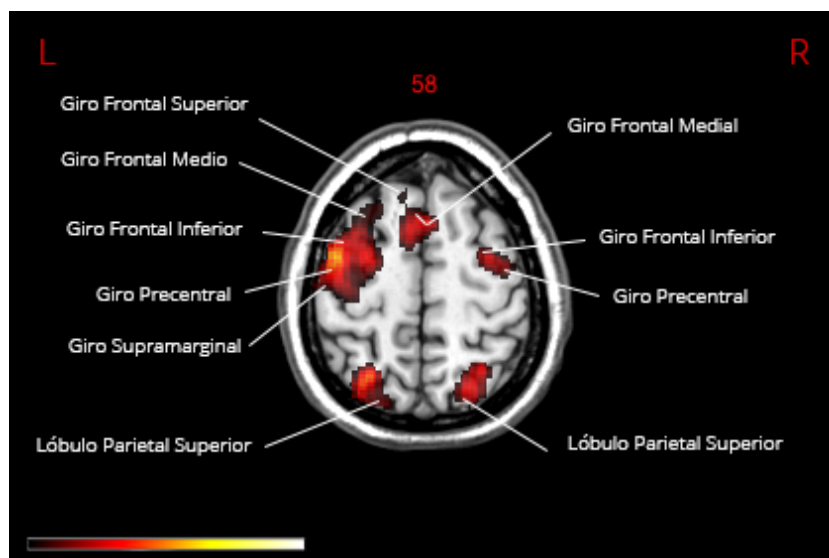
*Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 9 - Hombres*



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.18

*Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Axial No. 9 - Mujeres*



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

En el noveno corte, nuevamente se evidencia un mayor número de zonas activadas en el grupo de mujeres. El resto de zonas tanto en hombres como en mujeres ya se reseñó con anterioridad así que sólo se mencionará que el Giro Supramarginal, activado en el grupo de mujeres, se relaciona con el Área de Brodmann 40.

El Giro Supramarginal es la parte de la corteza de asociación somatosensorial que interpreta los datos sensoriales táctiles y está involucrada en la percepción del espacio, la identificación de posturas y gestos de otras personas, y es por lo tanto una parte del sistema de neuronas espejo.

Estudios recientes han encontrado que la parte derecha de la circunvolución surpramarginal parece desempeñar un papel central en el control de la empatía hacia otras personas.

#### IMAGEN 4.19

*Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Sagital - Hombres*

*FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación*

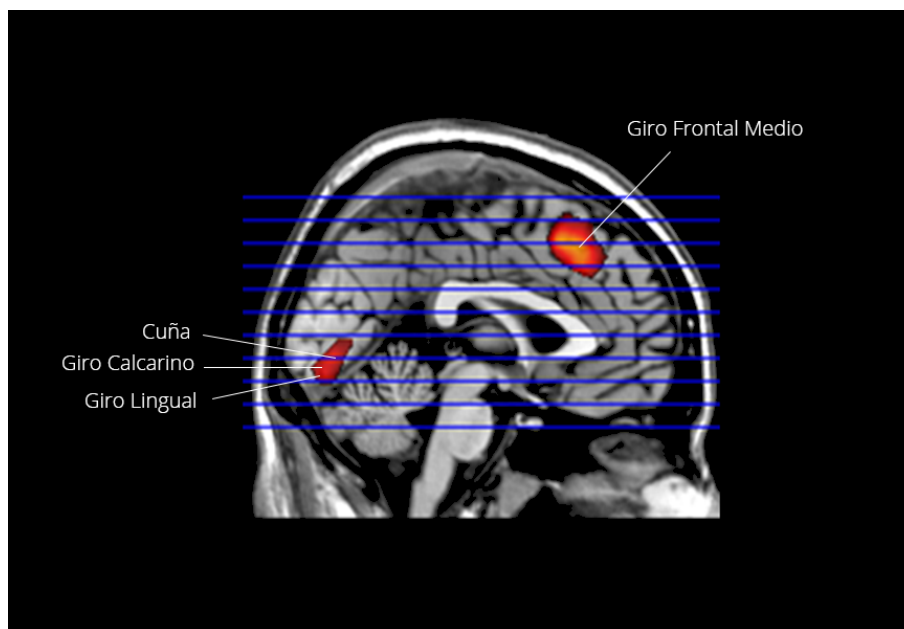
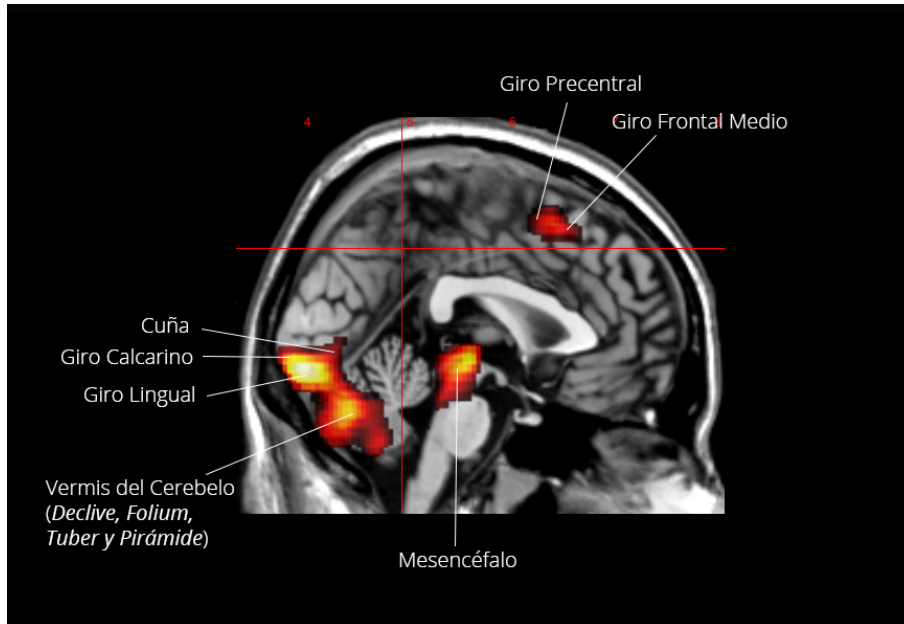


IMAGEN 4.20

Tarea de Compra P. Hedónicos. Corte Sagital - Mujeres



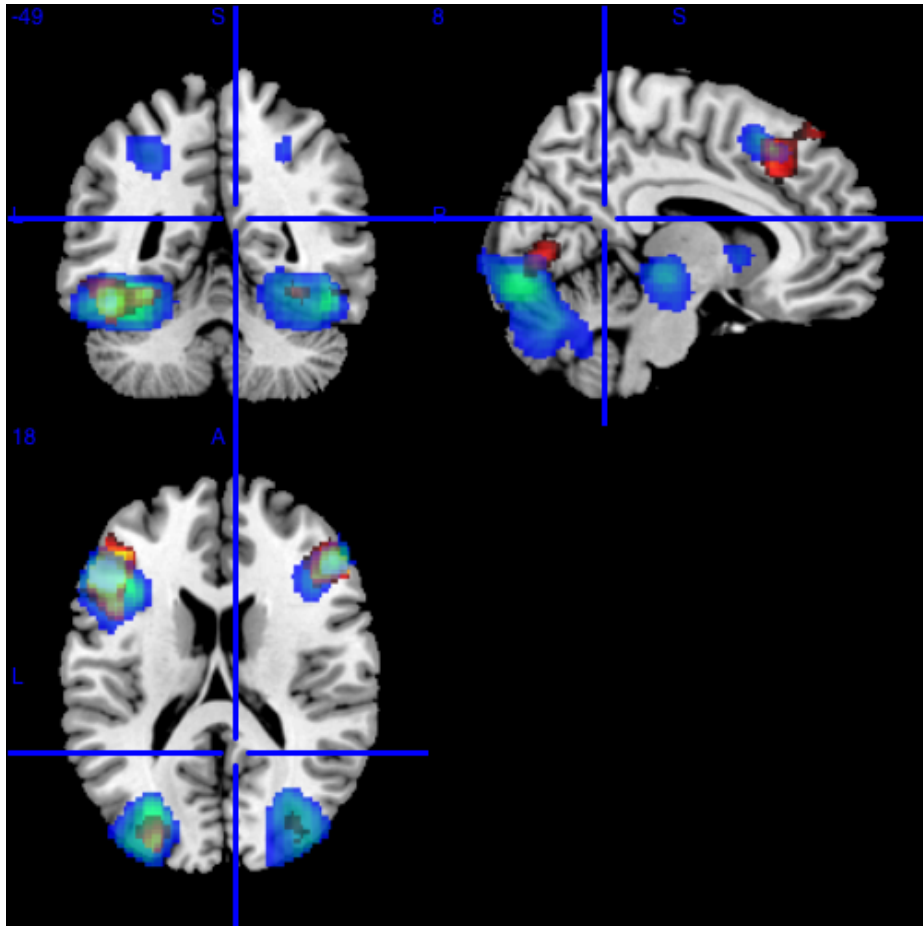
FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

Al analizar los cortes sagitales para cada uno de los grupos de análisis, encontramos una activación en zonas mesencefálicas y cerebelares para el grupo de las mujeres, no evidenciada para el grupo de hombres.

Así mismo, continúa la percepción de una mayor activación en el grupo de mujeres, tanto en términos de intensidad como en términos de dimensión de la zona activada.

IMAGEN 4.21

Comparativa de Activación Cerebral por Género  
Tarea de Compra Productos Hedónicos



Activación de hombres en escala de colores rojo/naranja/amarillo. Activación de mujeres en escala de colores verde/azul. Fila superior. Imagen Izquierda: Corte Coronal. Fila superior. Imagen Derecha: Corte Sagital. Fila inferior: Corte Axial. FUENTE: Elaboración Propia. Mapas elaborados con MRICron, usando las imágenes obtenidas en la investigación.

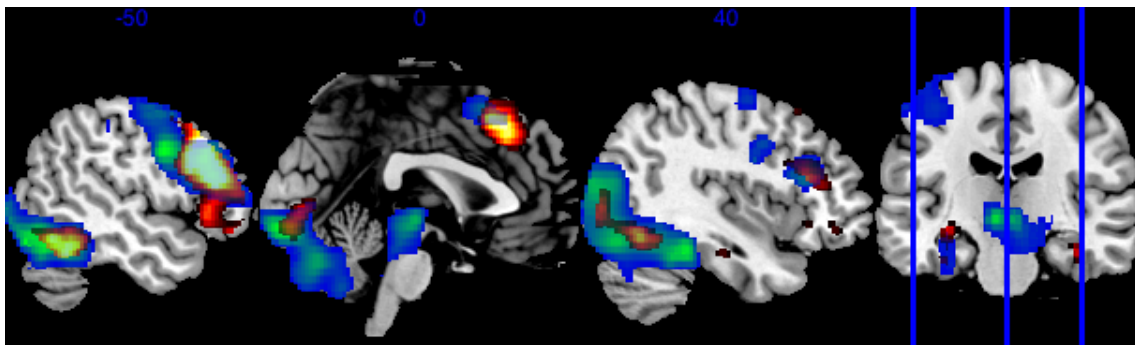
Al hacer una comparativa de la activación cerebral por género, analizando los cortes sagitales y coroneales, se evidencia una mayor activación femenina, tanto en términos de intensidad como de dimensión.

En contraste, es visible que las estructuras cerebrales implicadas en el proceso de decisión resultan similares para ambos géneros.

Del mismo modo, es visible una mayor activación de las estructuras límbicas en el grupo de hombre, especialmente observable en los cortes coronales. Igualmente, en los cortes sagitales, se evidencia una activación mayor en la zona parietal. Estas dos observaciones, resultan consistentes con las investigaciones que sugieren un mayor tamaño de la amígdala y de la corteza parietal en hombres (Hoag, 2008).

#### IMAGEN 4.22

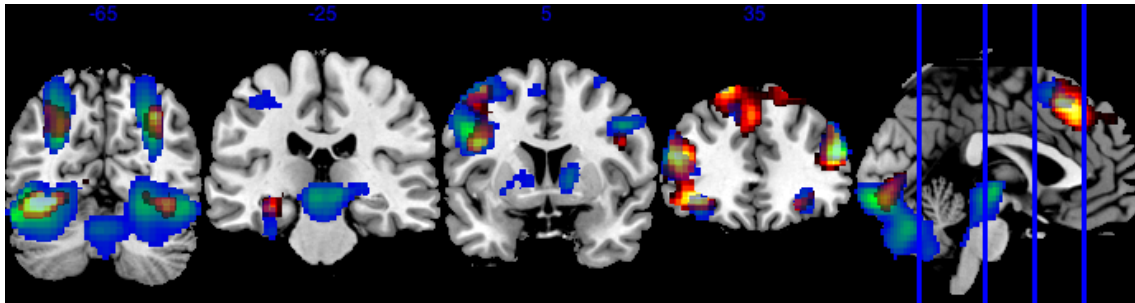
##### *Comparativa de Activación Cerebral por Género - Cortes Sagitales Tarea de Compra Productos Hedónicos*



Activación de hombres en escala de colores rojo/naranja/amarillo. Activación de mujeres en escala de colores verde/azul. FUENTE: Elaboración Propia. Mapas elaborados con MRICron, usando las imágenes obtenidas en la investigación.

*IMAGEN 4.23*

*Comparativa de Activación Cerebral por Género - Cortes Coronales  
Tarea de Compra Productos Hedónicos*



*Activación de hombres en escala de colores rojo/naranja/amarillo. Activación de mujeres en escala de colores verde/azul. FUENTE: Elaboración Propia. Mapas elaborados con MRICron, usando las imágenes obtenidas en la investigación.*

Del mismo modo, al hacer una reconstrucción en 3D de las estructuras cerebrales activadas durante el proceso, es de resaltar la mayor activación de las zonas frontales en el grupo de mujeres, consistentes con las investigaciones que señalan una mayor activación de las mujeres en las Corteza Prefrontal en las zonas medial, dorsolateral y orbital (Bolla, et al., 2004. Cardona, et al., 2011. Van den Bos, et al., 2013).

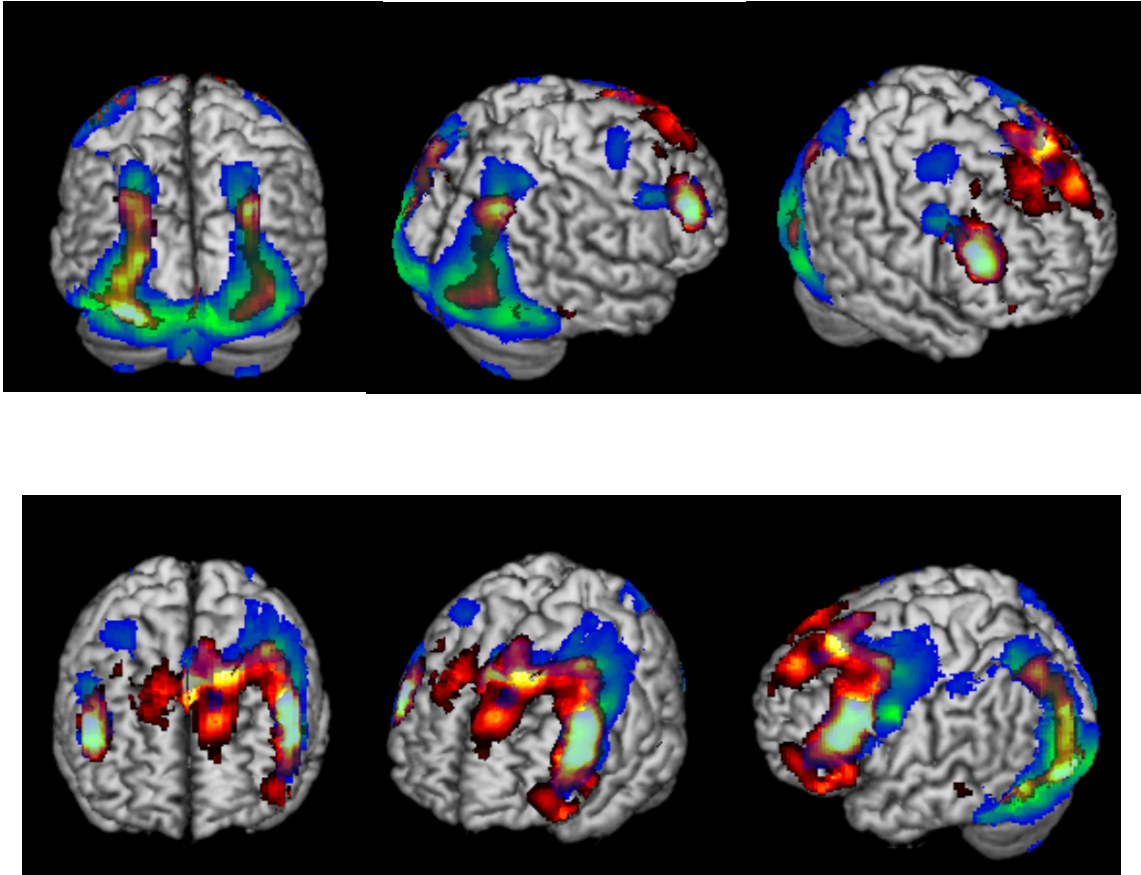
En contraste con lo anterior, es visible una mayor activación en el grupo de hombres, de las zonas Parieto-Occipitales del cerebro, consistente con investigaciones realizadas que sugieren un mayor volumen y densidad en hombres en estructuras parietales, tales como la precuña, así como en estructuras de la corteza límbica como la amígdala. (Bass, et al., 2004. Cahill, 2005. Ruigroka, et al., 2014).



IMAGEN 4.24

Comparativa de Activación Cerebral - Reconstrucción 3D

Tarea de Compra Productos Hedónicos



Activación de hombres en escala de colores rojo/naranja/amarillo. Activación de mujeres en escala de colores verde/azul. La primera imagen a la izquierda en la primera fila corresponde a la parte frontal del cerebro. La primera imagen a la izquierda en la segunda fila corresponde a la parte occipital del cerebro. La secuencia debe leerse de izquierda a derecha en la primera fila y de derecha a izquierda en la segunda fila.

FUENTE: Elaboración Propia. Mapas elaborados con MRICron, usando las imágenes obtenidas en la investigación.

Como colofón para el presente apartado, a continuación se encuentra un análisis comparativo de la activación cerebral por género para la tarea de compra de productos hedónicos.

En esta tabla se resumen las diferencias de activación entre hombre y mujeres y bien puede observarse, la similitud del sistema neuronal asociado al proceso de toma de decisiones.

Debe aclararse igualmente que en el estudio de imágenes se hizo una exclusión, para hombres, de estructuras del sistema extrapiramidal (núcleos basales y núcleos subcorticales) y de otras propias del cerebelo y el tallo encefálico. Por lo cual su ausencia, en la tabla, para el grupo de hombres, no debe interpretarse como una activación negativa.

**TABLA 4.1**  
*Análisis Comparativo de Activación Cerebral por Género*  
*Tarea de Compra Productos Hedónicos*

Área Activada	Zona	BA	HOMBRES	MUJERES
Giro Orbital	L. Frontal	11	X	X
Giro Frontal Inferior	L. Frontal	11-44-45-47	X	X
Giro Frontal Medial	L. Frontal	8-9	X	X
Giro Frontal Medio	L. Frontal	9-10-46	X	X
Giro Frontal Superior	L. Frontal	4-6-8	X	X
Giro Pre-central	L. Frontal	4	X	X
Giro Post-central	L. Frontal	4	X	X
Giro Hipocampal / Hipocampo	L. Límbico	-	X	X
Giro Parahipocampal	L. Límbico	-		X
Giro Occipitotemporal Lateral	L. Occip-Temp	37	X	X
Giro Occipitotemporal Medial	L. Occip-Temp	37	X	X
Giro Lingual	L. Occipital	17	X	X

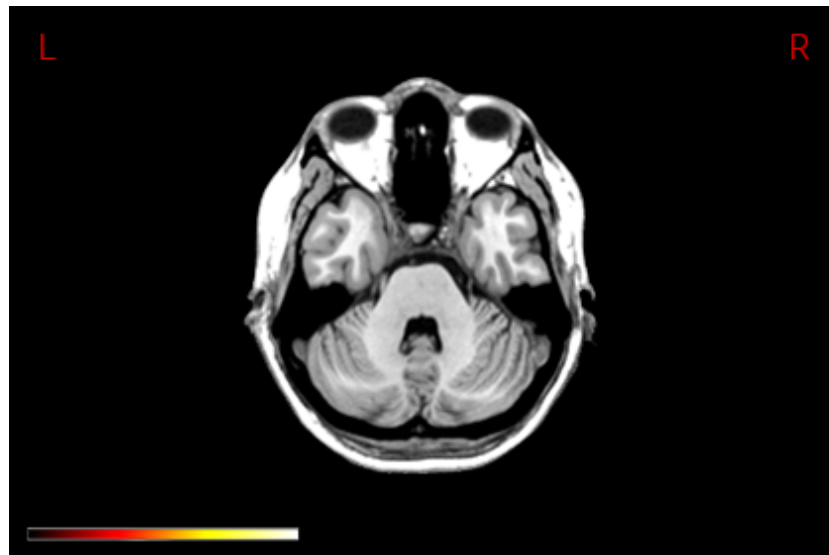
Surco - Giro Calcarino	L. Occipital	17		X
Giro Occipital Lateral	L. Occipital	18-19	X	X
Cuña	L. Occipital	17	X	X
Giro Angular	L. Parietal	39	X	X
Lóbulos Parietales Superiores	L. Parietal	5-7	X	X
Giro Supramarginal	L. Parietal	40	X	X
Giro Temporal Inferior	L. Temporal	20	X	X
Giro Temporal Medio	L. Temporal	21	X	
Núcleo Lenticular	Núcleos Basales	-		X
Núcleo Caudado	Núcleos Basales	-		X
Cápsula Interna	Núcleos Basales	-		X
Corona Radiada	Núcleos Basales	-		X
Estructuras Cerebelares	Cerebelo	-		X
Giros de la Ínsula / Ínsula	Corteza Insular	-	X	X
Mesencéfalo	T. Encéfalico	-		X
Estructuras del Tálamo	T. Encéfalico	-	X	X
Cuerpo Calloso	T. Encéfalico	-		X

FUENTE: Elaboración Propia

#### 4.1.1.2 TAREA DE COMPRA PRODUCTOS FUNCIONALES

IMAGEN 4.25

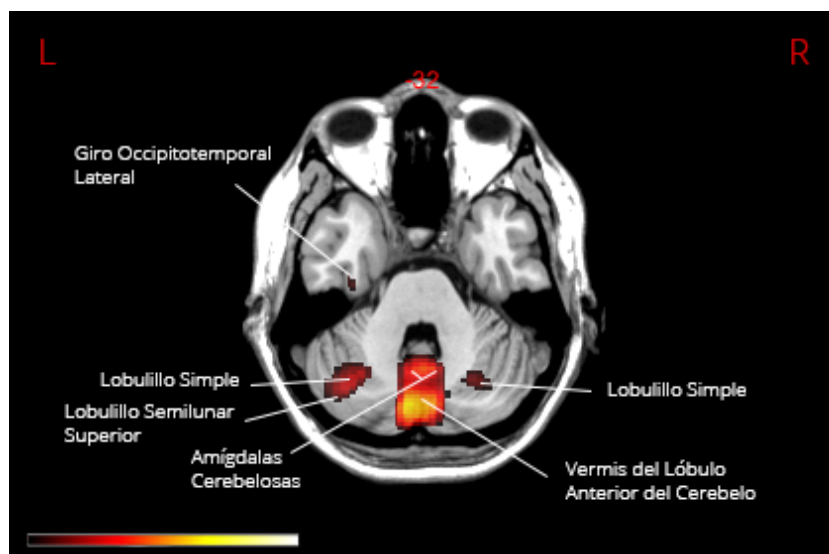
*Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 1 - Hombres*



*FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación*

IMAGEN 4.26

*Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 1 - Mujeres*



*FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación*

En este primer corte axial, la principal evidencia es la carente activación cerebral en el grupo de hombres.

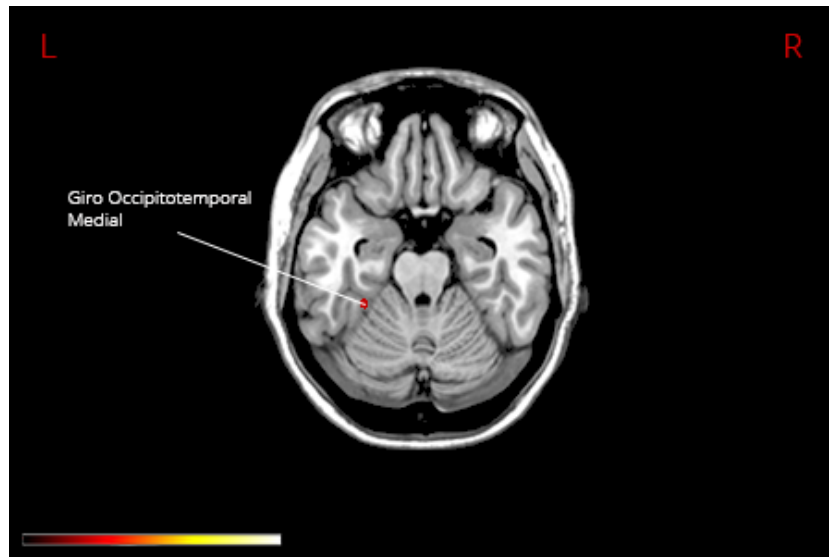
Para el grupo de las mujeres, por su parte, se evidencia activación de estructuras cerebelares implicadas en el control motor, como:

- Lobulillo simple. Subdivisión más rostral del del lóbulo posterior y comprende el lóbulo cuadrangular anterior y el declive del vermis.
- Lobulillo semilunar superior (rostralis), que junto con la parte inferior del lóbulo, forma el Lóbulo de Larsell o ansiforme.
- Lobulillo anterior del cerebelo. Segmento del lóbulo anterior en la superficie superior del hemisferio cerebelar, localizado entre la fisura post-central en la parte anterior y la fisura primaria de forma posterior.
- Amígdalas cerebelosas. Estructuras con forma de lóbulos redondeados ubicadas bajo la superficie de cada uno de los hemisferios cerebelares. No guardan relación alguna con las amígdalas cerebrales, con conocida importancia por su papel en la regulación de las emociones.

Adicional a estas áreas, se observa la activación del Giro Occipito-Temporal Lateral Izquierdo, que como ya se mencionó hace parte del Giro Fusiforme, relacionado con el procesamiento visual, especialmente del color, el reconocimiento de objetos, rostros y palabras y que envía información a la amígdala contribuyendo así con el proceso de evaluación emocional de los estímulos.

IMAGEN 4.27

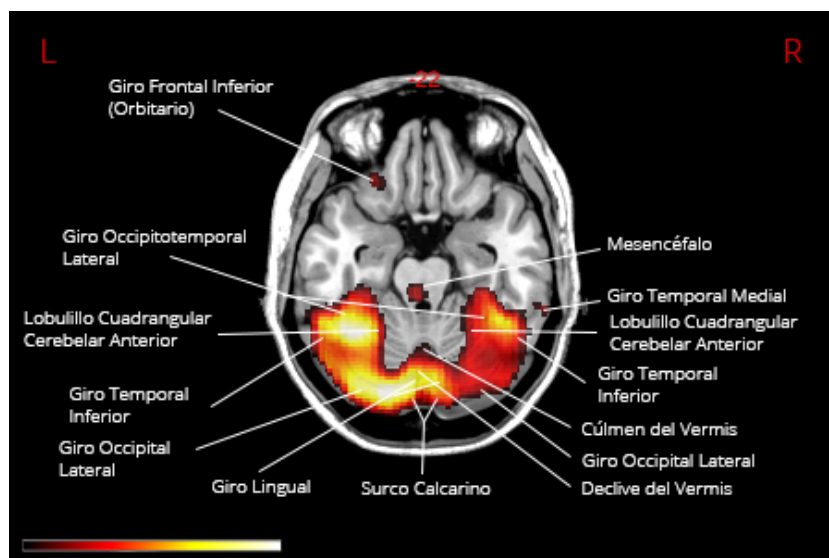
Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 2 - Hombres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.28

Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 2 - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

En este segundo corte, es visible una mayor activación cerebral, tanto en términos de intensidad como en términos de dimensión, para el grupo de mujeres, en relación con el de hombres.

En este caso, los hombre presentan una única activación, en el Giro Occipitotemporal Medial, que como ya se mencionó forma parte del Giro Fusiforme, coincidente con el Área de Brodmann 37 e implicado en el procesamiento visual y el reconocimiento de objetos, rostros y palabras.

En el caso de las mujeres, vale la pena resaltar que a pesar de observarse una activación bilateral para la mayor parte de las estructuras, se observa una mayor activación, en términos de intensidad, en el hemisferio izquierdo.

En cuanto a las estructuras cerebrales activadas, se mantiene la activación en las áreas corticales cerebelosas, responsables del control motor, adicionando a éstas estructuras las siguientes:

- Giro Occipitotemporal Lateral Izquierdo. Funciones: procesamiento visual, reconocimiento de objetos, rostros y palabras. Área de Brodmann 37.
- Giro Frontal Inferior Izquierdo. Funciones: Tareas de acción (“go- no go tasks”), inhibición de respuestas, la aversión al riesgo, tareas semánticas, procesamiento sintáctico y fonológico. Áreas de Brodmann 44 (Área de Brocca), 45 y 47.
- Giro Orbital Izquierdo. Funciones: Participa en la toma de decisiones, en la representación emocional de los refuerzos y la valoración de resultados esperados. Área de Brodmann 11.
- Giro Temporal Inferior Bilateral. Funciones: Procesamiento visual de estímulos y reconocimiento de objetos, procesamiento simple del campo visual, tareas de percepción, conciencia espacial y memoria de reconocimiento. Área de Brodmann 20.

- Giro Occipital Lateral Bilateral. Funciones: Asociación visual (interpretación de imágenes), extracción de las características principales de las imágenes, reconocimiento de formas, atención y funciones de integración multimodales. Áreas de Brodmann 18 y 19.
- Giro Lingual Bilateral. Funciones: Procesamiento visual, especialmente en relación con las letras y la percepción cromática. Análisis de las condiciones lógicas (orden lógico de eventos) y codificación de recuerdos visuales. Área de Brodmann 17.
- Surco Calcarino Bilateral. Funciones: Procesamiento Visual. En esta zona se concentra la corteza visual primaria. El campo visual central se encuentra en la parte posterior del surco y el campo visual periférico en su porción anterior. Área de Brodmann 17.

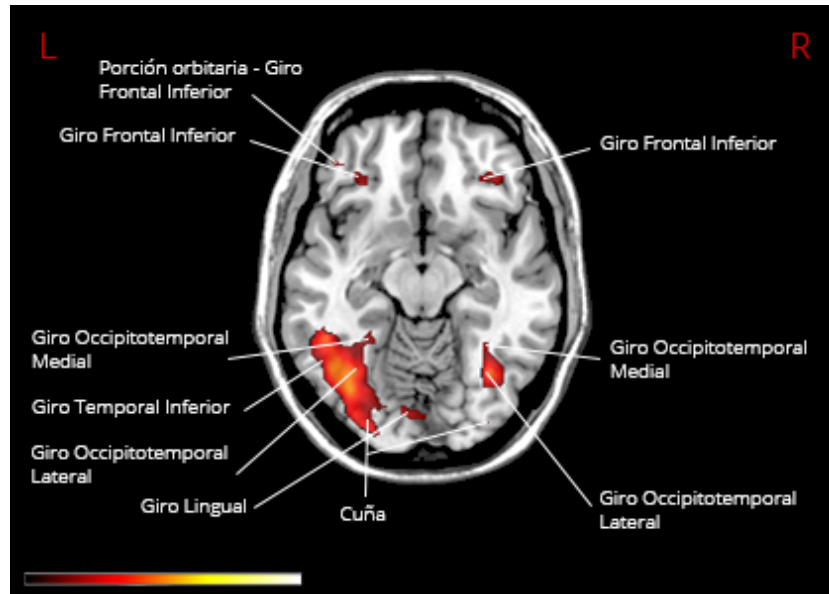
Finalmente, vale la pena resaltar el Giro Temporal Medial Derecho, cuya activación no se presentó en la tarea de compra de productos hedónicos. Este giro está ubicado en el lóbulo Medial Temporal, está dotado de estructuras imprescindibles para la memoria declarativa o memoria a largo plazo tanto en su parte semántica (de hechos) como en su variante episódica (de eventos).

Esta zona es coincidente con las áreas de Brodmann 27, en la que se ubica el giro parahipocampal, 28, donde se alberga el Hipocampo, 34, donde se ubica el giro superior temporal (Corteza Auditiva Primaria) y la corteza Entorhinal, clave para la memoria declarativa y 35 y 36, conocidas como región hipocampal.



IMAGEN 4.29

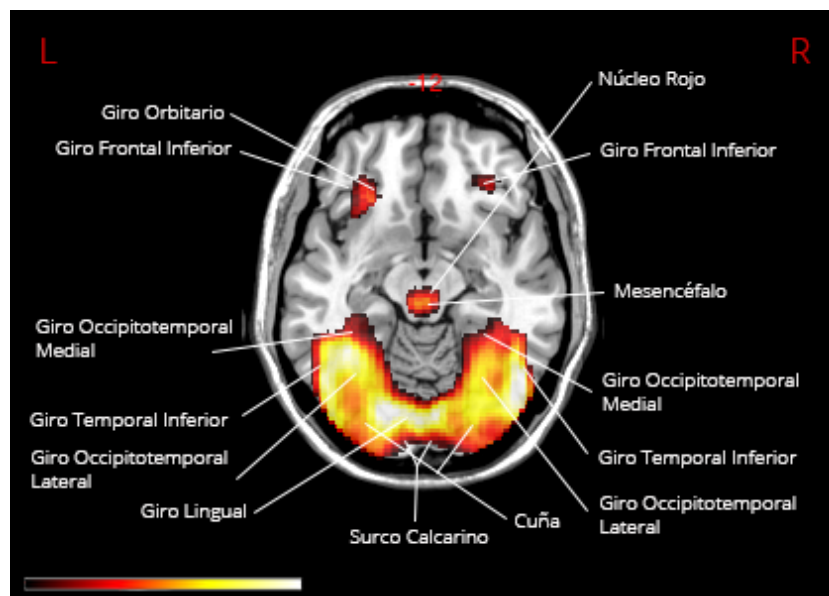
Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 3 - Hombres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.30

Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 3 - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

En este tercer corte se observa activación en el grupo de hombres, de gran parte de la zonas reseñadas para el grupo de mujeres en el corte anterior.

Para el grupo de mujeres, se mantiene la activación del Giro Occipitotemporal Lateral, Giro Frontal Inferior, Giro Orbital, Giro Temporal Inferior, Giro Lingual y Surco Calcarino, reseñados en el corte anterior.

Adicional a estas zonas, se observa activación en el Giro Occipitotemporal Medial, que como ya se mencionó junto con el Giro Occipitotemporal Lateral forma el Giro Fusiforme (Área de Brodmann 37).

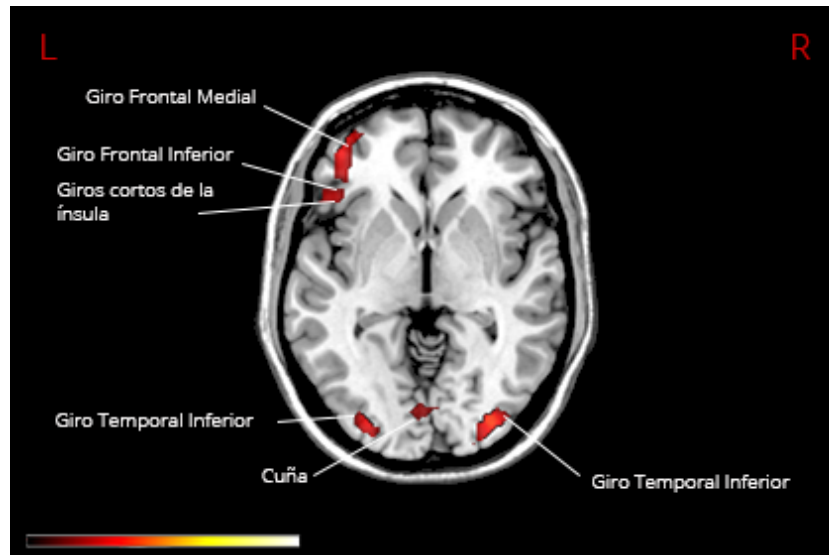
En la cuña, un pequeño lóbulo ubicado en la parte occipital del cerebro que corresponde al área de Brodmann 17, que se cree está implicado en el procesamiento visual básico, el control inhibitorio y la valoración de resultados esperados.

En el Mesencéfalo, asociado con funciones visuales, auditivas, de control motor, control del sueño, estado de atención (alerta) y regulación de la temperatura y en el Núcleo Rojo, una porción del mesencéfalo ventral, implicada en funciones de coordinación motora.

En cuanto al grupo de hombres, se mantiene la activación del Giro Occipitotemporal Medial, adicionándose activación en el Giro Occipitotemporal Lateral, Giro Frontal Inferior, Giro Orbital, Giro Temporal Inferior, Giro Lingual y la Cuña.

IMAGEN 4.31

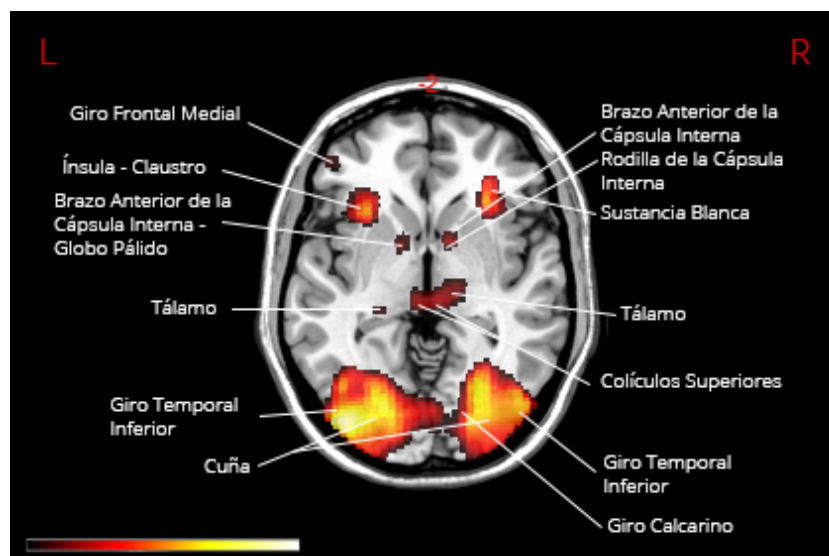
Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 4 - Hombres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.32

Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 4 - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

Al analizar el cuarto corte, es visible la aparición de estructuras de los núcleos basales en el esquema de activación del grupo de mujeres, así como del tálamo y se mantiene la activación de algunas estructuras cerebelares como los colículos superiores.

Se mantiene la activación en el Giro Temporal Inferior, la Cuña y la zona del giro/surco calcarino. Mientras que se evidencia la activación de nuevas zonas como:

- Giro Frontal Medial. Funciones Principales: Movimiento ocular, memoria a corto plazo, respuestas automáticas, fluidez verbal, detección de errores, atención verbal auditiva, inferencia, razonamiento inductivo, atención sostenida, entre otras.

En su hemisferio izquierdo es al menos parcialmente responsable de la empatía, el procesamiento de estímulos emocionales agradables y desagradables y la atención a emociones negativas. En su hemisferio derecho, está involucrado en la atribución de intención, la teoría de la mente, la memoria de trabajo, la memoria espacial, el reconocimiento de las emociones de los demás, la planificación, el cálculo, el procesamiento semántico, la religiosidad y la atención a las emociones positivas.

El Giro Frontal Medial es coincidente con las áreas de Brodmann 8 y 9.

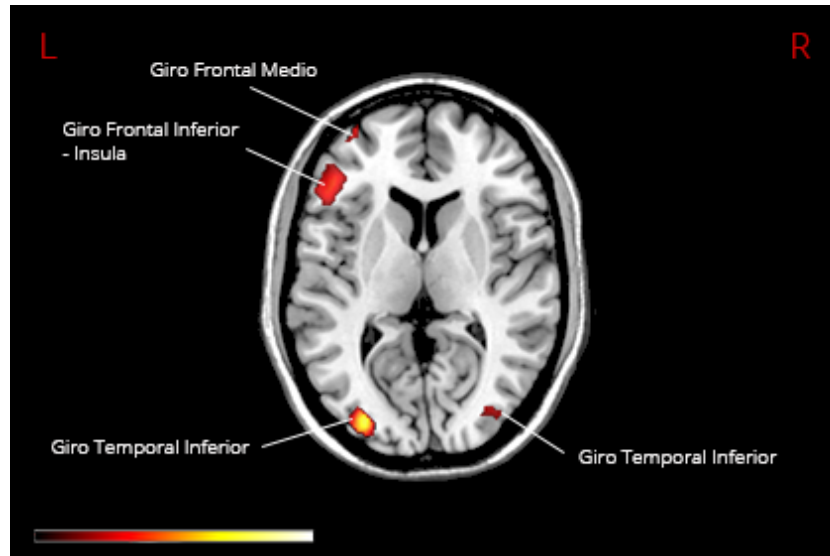
- Ínsula, corteza Insular o Lóbulo Insular, es una porción de la corteza cerebral, ubicada en el surco temporal que divide el lóbulo temporal de los lóbulos frontal y parietal. Se cree está involucrada en la conciencia y desempeña un papel en diversas funciones vinculadas con la emoción y la regulación de la homeóstasis del organismo como la percepción, el control motor, la conciencia de sí mismo, el funcionamiento cognitivo y la experiencia interpersonal.
- Claustro. Se trata de una lámina curvada vertical de materia gris subcortical de una fracción de un milímetro ubicada a unos pocos milímetros de profundidad y es considerado por algunos investigadores como parte de los ganglios basales. Juega un papel importante en la comunicación entre los dos hemisferios del cerebro, específicamente entre las regiones corticales que controlan la atención y se cree que participa en el mantenimiento de la conciencia.

- Tálamo. Se trata de una estructura ubicada entre la corteza cerebral y el mesencéfalo. Se le atribuyen numerosas funciones, entre las cuales están la retransmisión de las señales sensoriales y motoras de la corteza cerebral, la regulación de la conciencia , el sueño y el estado de alerta.
- Cápsula Interna (Rodilla y Brazo). Estructura de materia blanca, encargada de transferir información desde y hacia las cortezas cerebrales a través de sus fibras ascendentes y descendentes.
- Globo pálido. Es uno de los tres núcleos que forma los núcleos basales. Su principal función se concentra en la regulación de los movimientos voluntarios.
- Colículos Superiores. Uno de los principales componentes del mesencéfalo. En su parte superficial, recibe información somato-sensorial desde otras estructuras cerebrales y en su parte ventral se relaciona con la actividad motora y la activación de movimientos oculares.

Por su parte, en el grupo de hombres se mantiene la activación del Giro Frontal Inferior, Giro Temporal Inferior y la Cuña y se suman a estas áreas el Giro Frontal Medial y los Giros Cortos de la ínsula.

IMAGEN 4.33

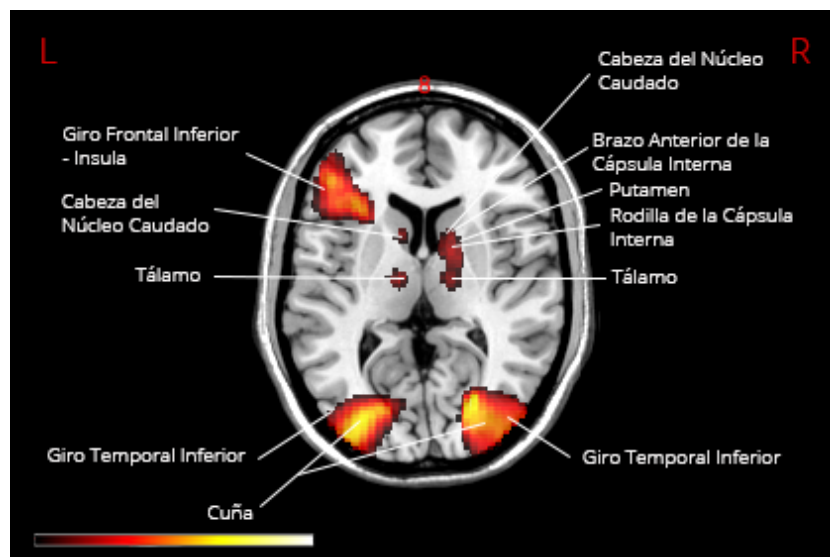
Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 5 - Hombres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.34

Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 5 - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

En este corte, para el grupo de hombre se mantiene la activación en los Giros Frontal Inferior y Temporal Inferior y de la corteza Insular, sumándose a esta activación el Giro Frontal Medio.

El Giro Frontal Medio, al igual que el Giro Frontal Medial, coincide con el área 9 de Brodmann, implicada en múltiples tareas como memoria a corto plazo, respuestas automáticas, fluidez verbal, detección de errores, atención verbal auditiva, inferencia, razonamiento inductivo, atención sostenida, entre otras.

Así mismo, es coincidente con el área 10, implicada en la memoria de trabajo y conocida como el área de “puente cognitivo”, que permite a una tarea previamente en ejecución ponerse en stand-by para ser retomada con posterioridad.

No obstante, el principal papel del Giro Temporal Medio, radica en su coincidencia con la Corteza Dorsolateral Prefrontal (DLPFC) (área 46 de Brodmann), clave en los procesos de atención y memoria e igualmente relacionada con conductas de auto-control y aprendizaje.

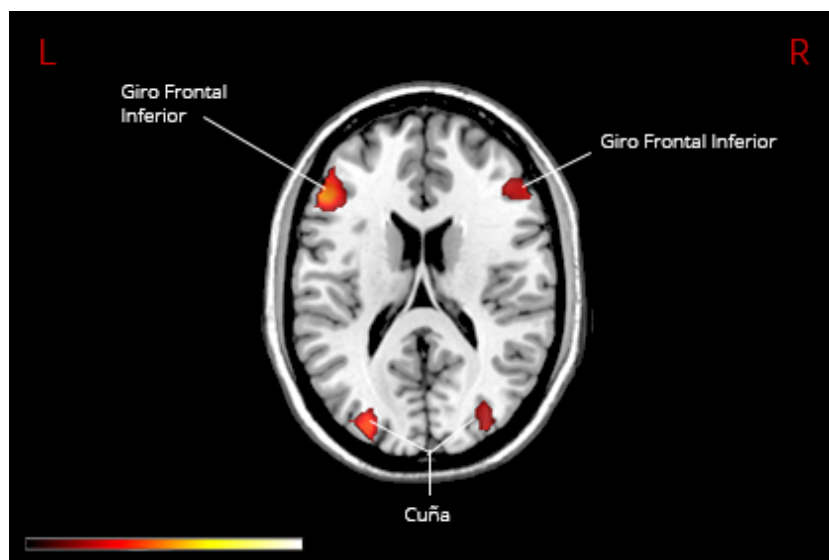
En lo que se refiere al grupo de mujeres, debe señalarse que se hacen presentes el putamen y el núcleo caudado, completando la activación de los núcleos basales (caudado, lenticular (putamen, globo medial y globo pálido) y subtalámico).

Así mismo, se mantiene la activación de las estructuras de la cápsula interna, tálamo, Giro Frontal Inferior, Ínsula, Giro Temporal Inferior y la Cuña.

Es de resaltar que en este corte para el grupo de mujeres no se evidencia activación del Giro Frontal Medio, zona que si presenta activación en el grupo de hombres.

IMAGEN 4.35

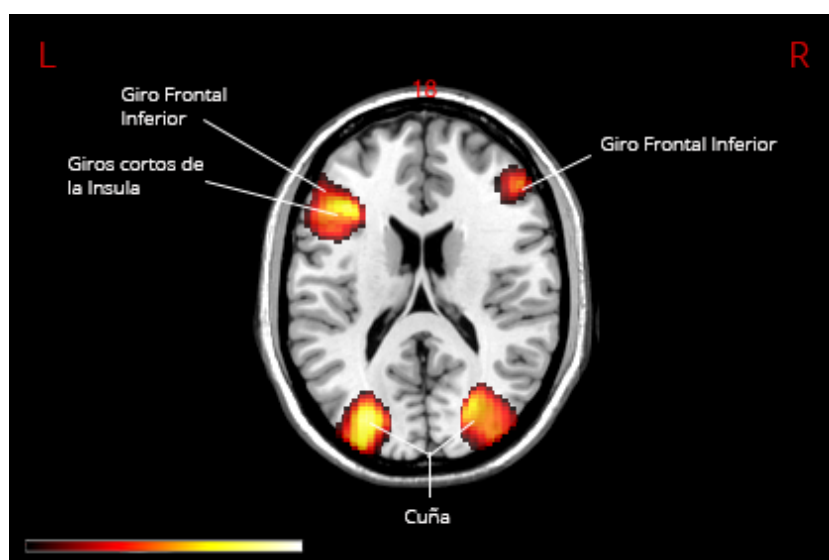
Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 6 - Hombres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.36

Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 6 - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación



En este corte, se evidencia una homogenización en las áreas de activación cerebral para los grupos de análisis. Se mantiene la activación del Giro Frontal Inferior y la Cuña en los dos grupos, aunque con mayor intensidad y dimensión en las mujeres para quienes igualmente se mantiene la activación de la ínsula.

Se evidencia la activación para ambos géneros del Giro Frontal Inferior, bilateral, que como ya se mencionó se relaciona con la ejecución de tareas de acción (“go - no go tasks”), la inhibición de respuestas y la aversión al riesgo. Esta zona se asocia con las Áreas de Brodmann 44 (Área de Brocca) y 45.

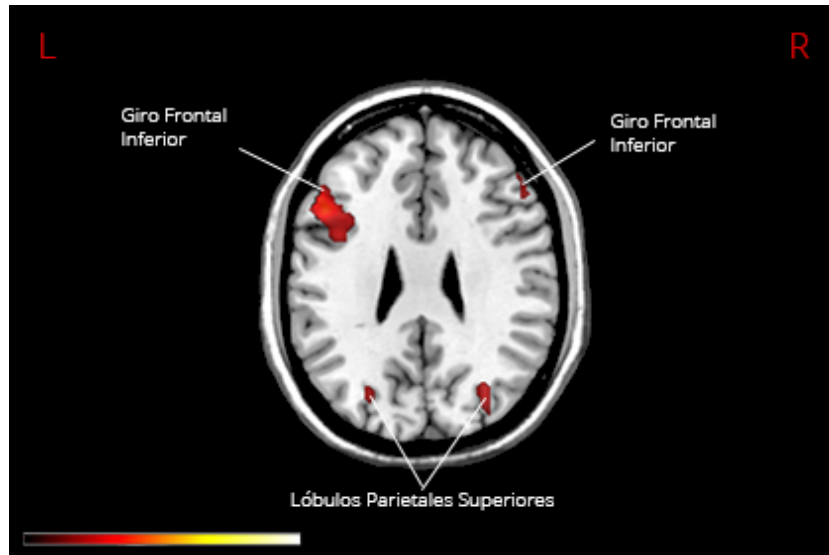
Debe recordarse que dentro del proceso de toma de decisiones, es a través del Giro frontal inferior aue las señalesde la Corteza Prefrontal Dorsolateral dIPFC se retransmiten a la vmPFC. Debe recordarse que la Corteza Prefrontal Dorsolateral dIPFC evalúa el valor de la acción y la recompensa.

Así mismo, hay una activación de la Ínsula, estructura que se cree está involucrada en la predicción de errores en el riesgo inherente a la decisión, así como en la conciencia en diversas funciones vinculadas con la emoción y la regulación de la homeóstasis del organismo como la percepción, el control motor, la conciencia de sí mismo, el funcionamiento cognitivo y la experiencia interpersonal.

Finalmente, debe decirse que se evidencia la activación de la cuña, un pequeño lóbulo ubicado en la parte occipital del cerebro que corresponde al área de Brodmann 17, que se cree está implicado en el procesamiento visual básico, el control inhibitorio y la valoración de resultados esperados.

IMAGEN 4.37

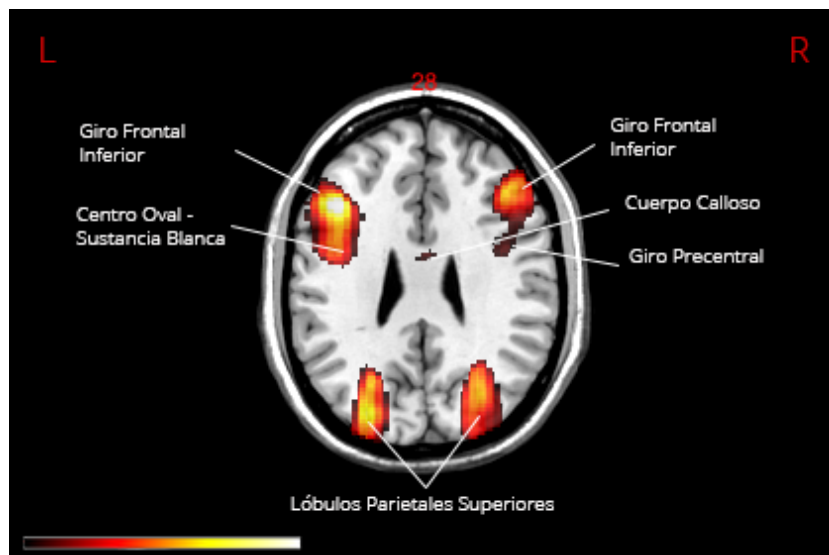
Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 7 - Hombres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.38

Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 7 - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

De otra parte, en el séptimo corte axial, nuevamente se evidencia una mayor activación cerebral en el grupo de mujeres, tanto en términos de intensidad como de dimensión de la zona activada.

Específicamente para el grupo de mujeres, en este corte se mantiene la activación del Giro Frontal Inferior, sin embargo, hacen su aparición el Centro Oval, el Cuerpo Calloso, el Giro Pre-central y los Lóbulos Parietales Superiores.

Como se mencionó en un apartado anterior, los Lóbulos Parietales Superiores coinciden con las áreas de Brodmann 5 y 7 y están implicados en labores de orientación espacial y coordinación viso-motora. Reciben información de las cortezas visuales e información sensorial proveniente de las manos.

Por su parte, el Giro Precentral, corresponde al Área de Brodmann 4 y se considera el centro de la corteza motora primaria, implicada en la planeación, control y ejecución de movimientos voluntarios.

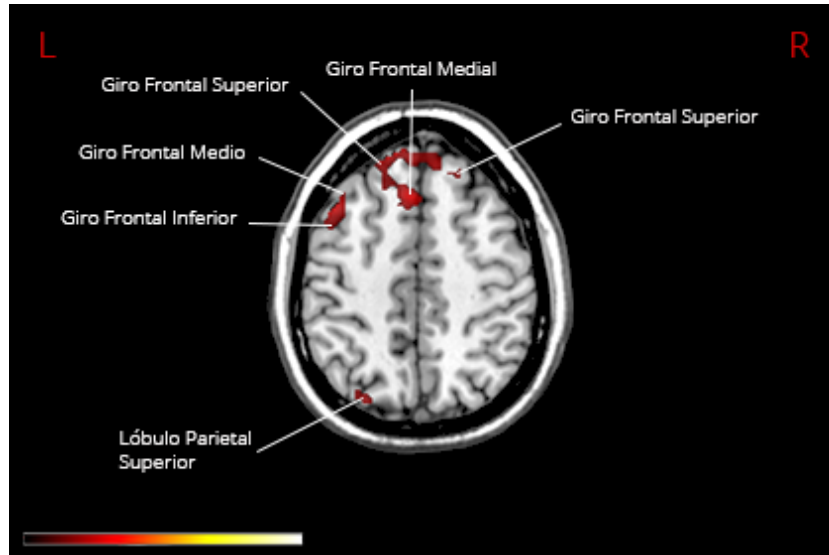
El Centro Oval o Corona Radiada, es un conjunto de fibras nerviosas con forma de abanico, que atraviesa la sustancia blanca hacia la corteza cerebral y desde ésta se dirige hacia el tronco del encéfalo. Converge sobre los núcleos basales y pasa entre ellos como la cápsula interna. Su función principal se centra en la transmisión de información.

Finalmente, el Cuerpo Calloso es el encargado de conectar los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo, coordinando las funciones de ambos.

En cuanto al grupo de hombres, en este corte se mantiene la activación del Giro Frontal Inferior de forma bilateral al cual se suman los Lóbulos Parietales Superiores, reseñados anteriormente.

IMAGEN 4.39

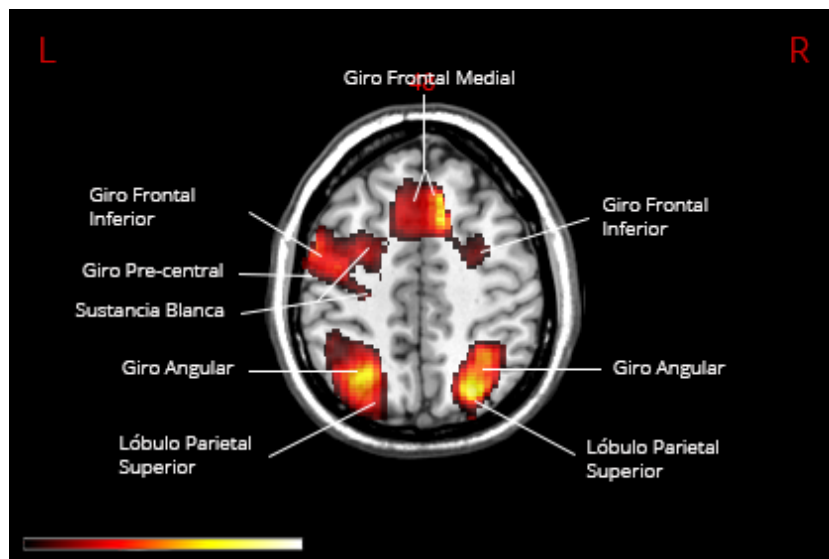
Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 8 - Hombres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.40

Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 8 - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

En este octavo corte, comienzan a hacer su aparición las estructuras más frontales y se mantiene la observación en cuanto a la diferencia en las dimensiones de las zonas activadas para el grupo de mujeres.

Específicamente para ese grupo, se mantiene la activación del Giro Frontal Inferior, el Giro Precentral y los Lóbulos Parietales Superiores. Se suma a su activación el Giro Angular y el Giro Frontal Medial.

El Giro Angular, ubicado en el área de Brodmann 39, encima y debajo del área de Wernicke, interviene en la transformación del modelo visual de una palabra en su modelo auditivo, es decir, actúa como puente entre la región visual y la auditiva. Así mismo, se relaciona con funciones complejas del lenguaje (lectura, escritura, interpretación de textos), procesamiento numérico, pensamiento espacial, memoria, atención y “teoría de la mente”.

Por su parte, el Giro Frontal Medial, como ya se mencionó es coincidente con las Áreas de Brodmann 8 y 9 y se relaciona con el movimiento ocular, memoria a corto plazo, respuestas automáticas, fluidez verbal, detección de errores, atención verbal auditiva, inferencia, razonamiento inductivo, atención sostenida, entre otras.

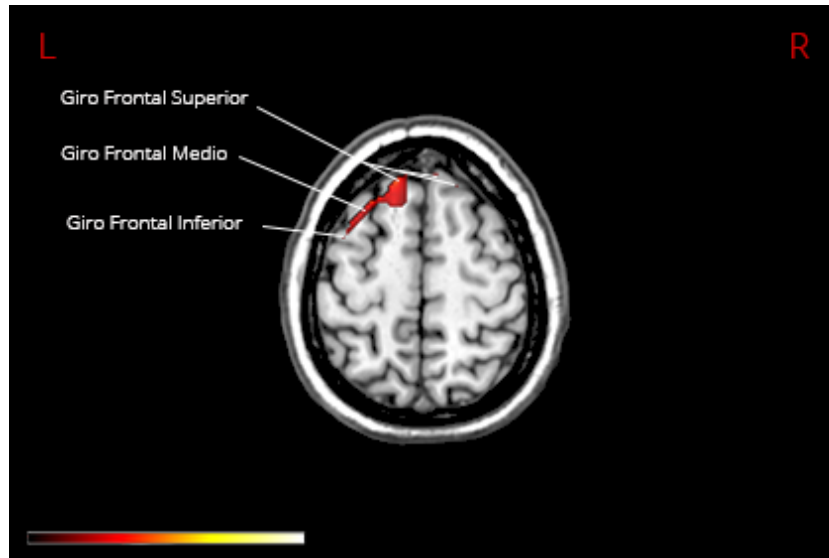
En cuanto al grupo de hombres, se mantiene la activación en el Giro Frontal Inferior y los Lóbulos Parietales Superiores. Sin embargo, se observa una lateralización de la activación, que para este corte sólo es visible en el hemisferio izquierdo.

A esta activación se adhiere la del Giro Frontal Superior, que se manifiesta de forma bilateral y que no se evidencia en mujeres en este corte.

El Giro Frontal Superior, correspondiente con las áreas de Brodmann 4, 6 y 8, en las que se encuentran la corteza motora primaria, es responsable de la generación de los impulsos neuronales que controlan la ejecución del movimiento; la corteza premotora, encargada de guiar los movimientos y el control de los músculos proximales; y el campo frontal ocular, encargado del control del movimiento ocular.

IMAGEN 4.41

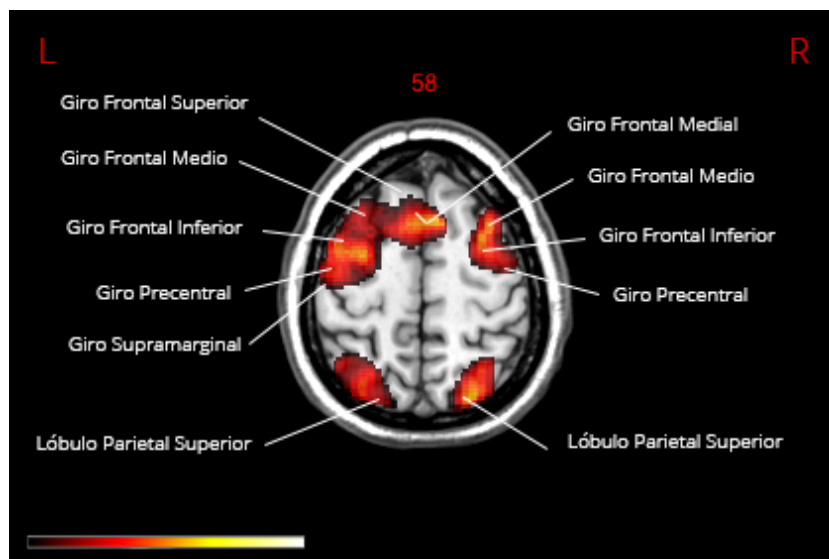
Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 9 - Hombres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.42

Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Axial No. 9 - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

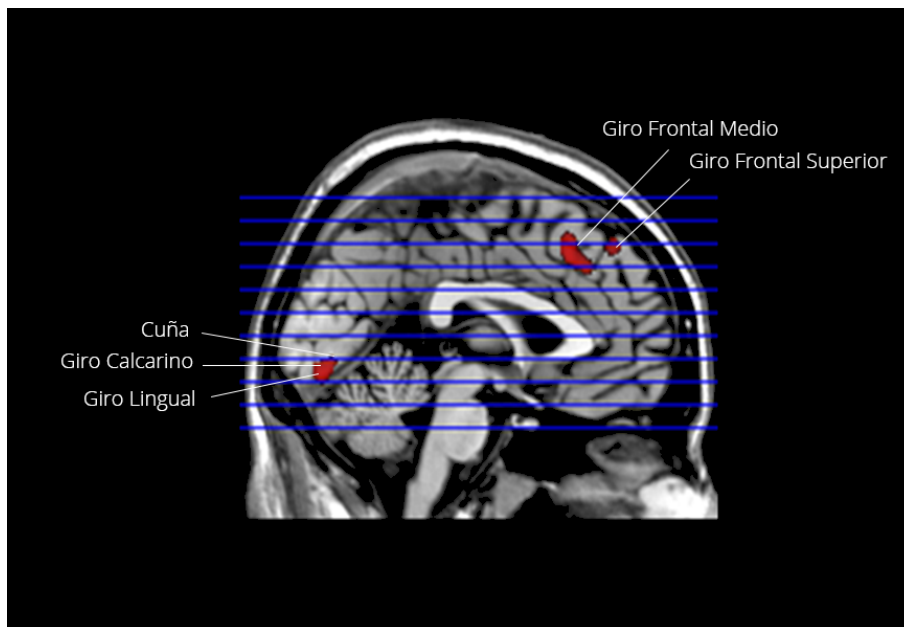
En el noveno y último corte axial, la desactivación en el cerebro masculino se hace patente. Para este grupo de análisis, solo se hace visible la activación Giro Frontal Superior, Frontal Medio y Frontal Inferior.

En contraste, en el grupo de mujeres, se mantiene la activación de los Giros Frontal Inferior, Frontal Medial, Precentral y de los Lóbulos Parietales Superiores, a los cuales se suman el Giro Frontal Superior, Giro Frontal Medio y el Giro Supramarginal.

Este último, coincidente con el Área de Brodmann 40, es la parte de la corteza de asociación somatosensorial que interpreta los datos sensoriales táctiles y está involucrada en la percepción del espacio, la identificación de posturas y gestos de otras personas, y es por lo tanto una parte del sistema de neuronas espejo.

#### IMAGEN 4.43

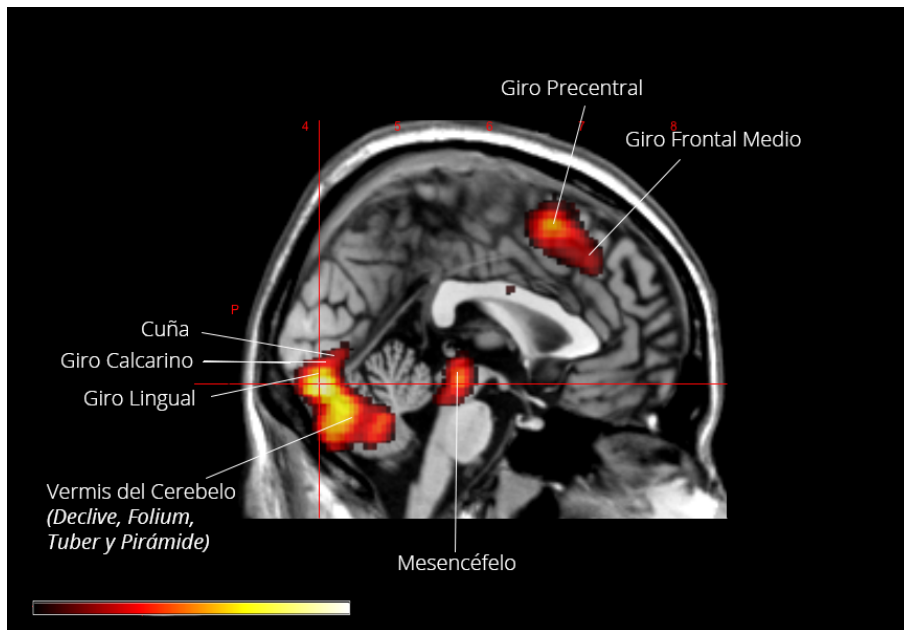
*Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Sagital - Hombres*



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

IMAGEN 4.44

Tarea de Compra P. Funcionales. Corte Sagital - Mujeres



FUENTE: Imágenes obtenidas en la Investigación

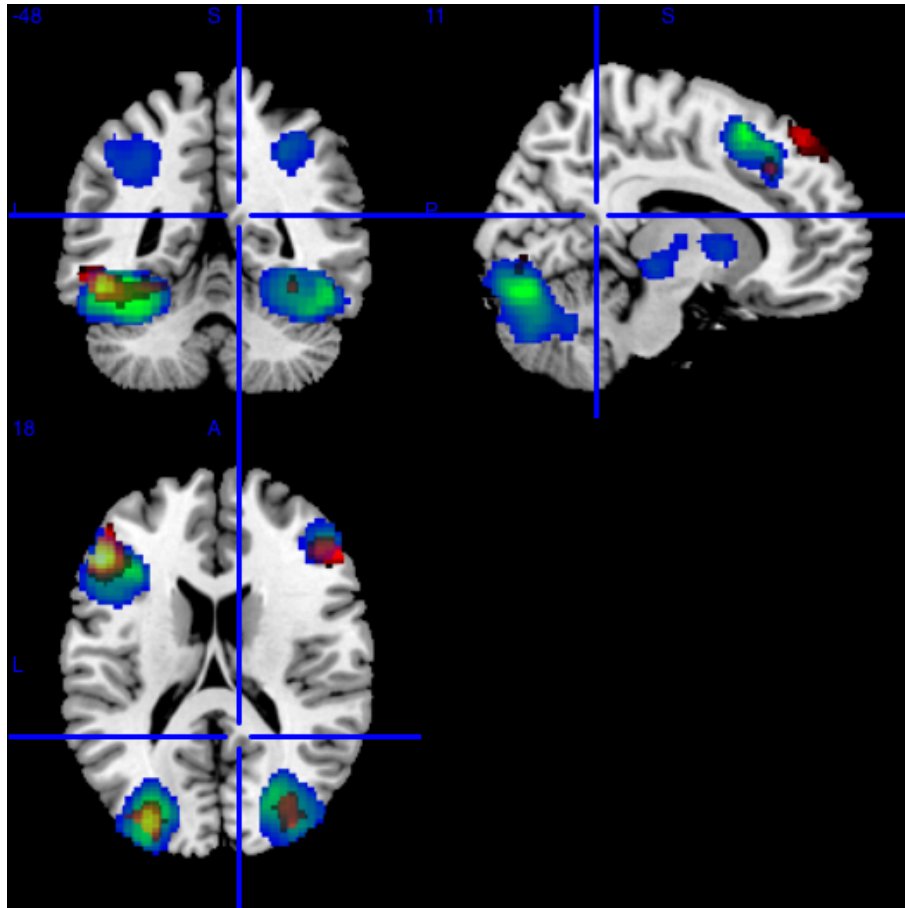
En lo que se refiere a los cortes sagitales, puede decirse que en el grupo de mujeres se evidencia la presencia de activación en estructuras cerebelares y mesencefálicas, no evidenciada para el grupo de hombres.

Así mismo, se observa una activación mayor en términos tanto de intensidad como de dimensión para el grupo de las mujeres.



IMAGEN 4.45

Comparativa de Activación Cerebral por Género  
Tarea de Compra Productos Funcionales



Activación de hombres en escala de colores rojo/naranja/amarillo. Activación de mujeres en escala de colores verde/azul. Fila superior. Imagen Izquierda: Corte Coronal. Fila superior. Imagen Derecha: Corte Sagital. Fila inferior: Corte Axial. FUENTE: Elaboración Propia. Mapas elaborados con MRICron, usando las imágenes obtenidas en la investigación.

Al hacer una comparativa de la activación cerebral por género, analizando los cortes sagitales y coroneales, nuevamente se evidencia una mayor activación femenina, tanto en términos de intensidad como de dimensión.

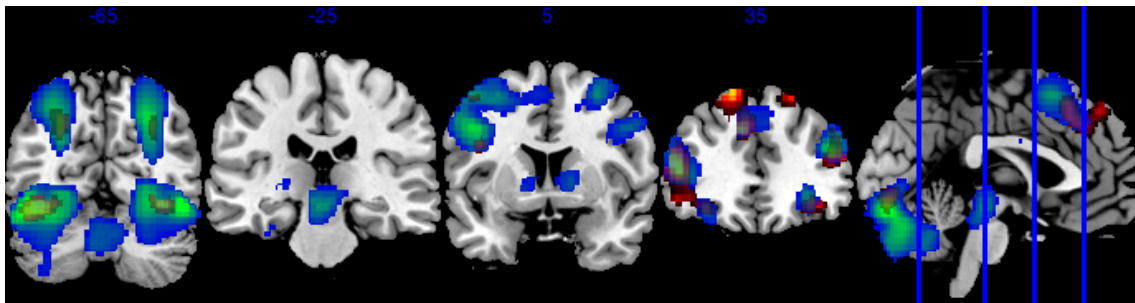
Así mismo, es visible que las estructuras cerebrales implicadas en el proceso de decisión resultan ser las mismas para ambos géneros.

Es visible una mayor activación de las estructuras límbicas en el grupo de hombre, especialmente observable en los cortes coronales, que contrasta con una activación mayor en la zona parietal evidenciada en los cortes sagitales.

Estas dos observaciones, tal como se mencionó en el apartado anterior, resultan consistentes con investigaciones previamente realizadas, en las que se señala un mayor tamaño de la amígdala y de la corteza parietal en hombres (Hoag, 2008).

#### IMAGEN 4.46

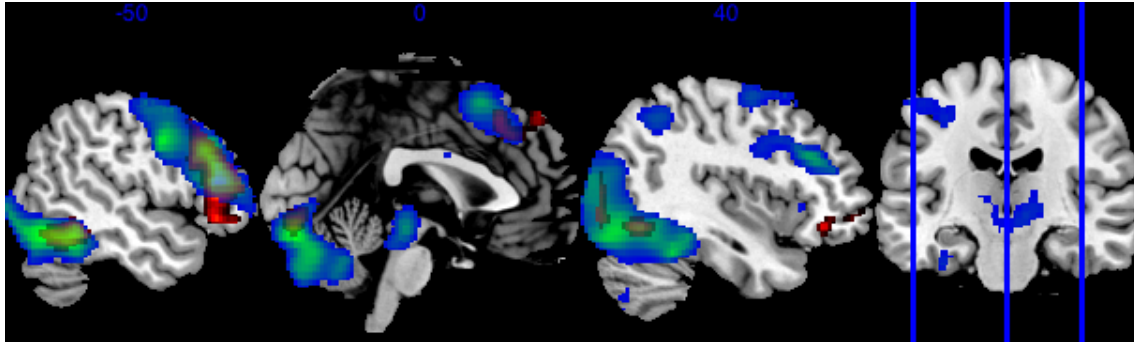
##### *Comparativa de Activación Cerebral por Género - Cortes Coronales Tarea de Compra Productos Funcionales*



Activación de hombres en escala de colores rojo/naranja/amarillo. Activación de mujeres en escala de colores verde/azul. FUENTE: Elaboración Propia. Mapas elaborados con MRICron, usando las imágenes obtenidas en la investigación.

IMAGEN 4.47

*Comparativa de Activación Cerebral por Género - Cortes Sagitales  
Tarea de Compra Productos Funcionales*



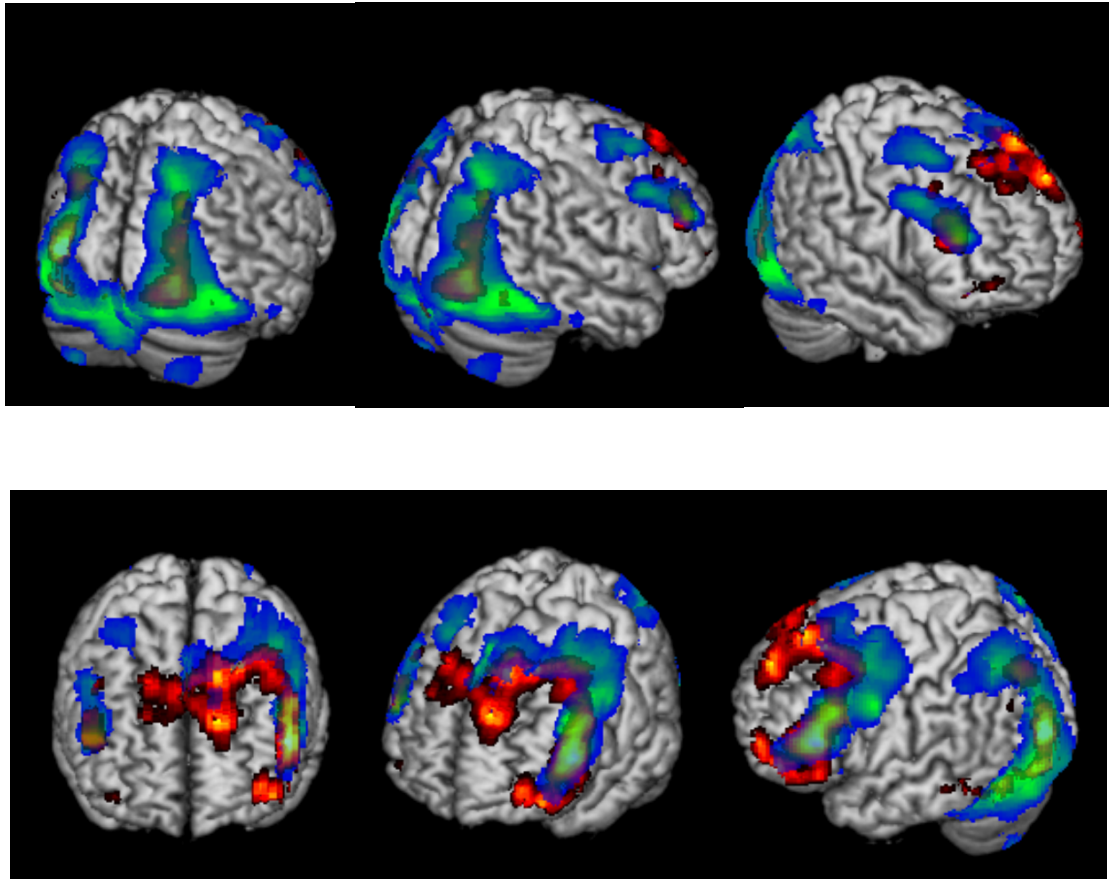
*Activación de hombres en escala de colores rojo/naranja/amarillo. Activación de mujeres en escala de colores verde/azul. FUENTE: Elaboración Propia. Mapas elaborados con MRICron, usando las imágenes obtenidas en la investigación.*

Al igual que para los productos hedónicos, al hacer una reconstrucción en 3D de las estructuras cerebrales activadas durante el proceso, es visible una mayor activación en el grupo de hombres, de las zonas Parieto-Occipitales del cerebro. Esta observación, es coincidente con estudios previos en los que se señala una mayor activación en hombres en estructuras parietales, tales como la precuña, así como en estructuras de la corteza límbica como la amígdala, dado que parecen tener en el cerebro masculino un mayor volumen y densidad. (Bass, et al., 2004. Cahill, 2005. Ruigroka, et al., 2014).

Del mismo modo, en el grupo de mujeres se observa una mayor activación de las zonas frontales, consistente con las investigaciones que sugieren una mayor activación de las mujeres en las Corteza Prefrontal en las zonas medial, dorsolateral y orbital durante procesos de toma de decisión de diferentes, bajo diferentes escenarios. (Bolla, et al., 2004. Cardona, et al., 2011. Van den Bos, et al., 2013).

IMAGEN 4.48

*Comparativa de Activación Cerebral por Género - Reconstrucción 3D  
Tarea de Compra Productos Funcionales*



*Activación de hombres en escala de colores rojo/naranja/amarillo. Activación de mujeres en escala de colores verde/azul. La primera imagen a la izquierda en la primera fila corresponde a la parte frontal del cerebro. La primera imagen a la izquierda en la segunda fila corresponde a la parte occipital del cerebro. La secuencia debe leerse de izquierda a derecha en la primera fila y de derecha a izquierda en la segunda fila.*

*FUENTE: Elaboración Propia. Mapas elaborados con MRICron, usando las imágenes obtenidas en la investigación.*

Finalmente, a continuación se presenta una tabla comparativa de las activación cerebral por género para la toma de decisión de compra de productos funcionales. En esta tabla se evidencia que las estructuras implicadas en el proceso son en general las mismas para los dos grupos de análisis.

Tal como se mencionó en el apartado anterior, debe tenerse en cuenta que en el estudio de imágenes se hizo una exclusión, para hombres, de estructuras del sistema extrapiramidal (núcleos basales y núcleos sub-corticales) y de otras propias del cerebelo y el tallo encefálico. Por lo cual su ausencia, en la tabla, para el grupo de hombres no debe interpretarse como una activación negativa.

**TABLA 4.2**  
*Análisis Comparativo de Activación Cerebral por Género*  
*Tarea de Compra Productos Funcionales*

Área Activada	Zona	BA	HOMBRES	MUJERES
Giro Orbital	L. Frontal	11	X	X
Giro Frontal Inferior	L. Frontal	11-44-45-47	X	X
Giro Frontal Medial	L. Frontal	8-9	X	X
Giro Frontal Medio	L. Frontal	9-10-46	X	X
Giro Frontal Superior	L. Frontal	4-6-8	X	X
Giro Pre-central	L. Frontal	4	X	X
Giro Occipitotemporal Lateral	L. Occip-Temp	37	X	X
Giro Occipitotemporal Medial	L. Occip-Temp	37	X	X
Giro Lingual	L. Occipital	17	X	X
Surco - Giro Calcarino	L. Occipital	17		X
Giro Occipital Lateral	L. Occipital	18-19		X
Cuña	L. Occipital	17	X	X
Giro Angular	L. Parietal	39		X
Lóbulos Parietales Superiores	L. Parietal	5-7	X	X
Giro Supramarginal	L. Parietal	40		X

Giro Temporal Inferior	L. Temporal	20	X	X
Giro Temporal Medial	L. Temporal	27-28-34-35-36		X
Núcleo Lenticular	Núcleos Basales	-		X
Núcleo Caudado	Núcleos Basales	-		X
Cápsula Interna	Núcleos Basales	-		X
Corona Radiada	Núcleos Basales	-		X
Estructuras Cerebelares	Cerebelo	-		X
Giros de la Ínsula / Ínsula	Corteza Insular	-	X	X
Mesencéfalo	T. Encefálico	-		X
Tálamo	T. Encefálico	-		X
Cuerpo Calloso	T. Encefálico	-		X

BA = Area de Brodmann. FUENTE: Elaboración Propia.

#### 4.1.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS ESTADÍSTICOS

Tal como se señaló en la Metodología de la Investigación, para cada uno de los grupos (hombres y mujeres), se llevó a cabo un análisis estadístico mediante el Método Cluster, con cual se encontraron grupos homogéneos de voxels activados.

Cabe mencionar que el análisis estadístico no sólo valida los hallazgos del análisis de las imágenes, sino que es capaz de aportar luz sobre la exactitud en la ubicación de las zonas activadas por cuanto supera la limitación de la altura de los cortes cerebrales que han de hacerse para efectuar el análisis de las imágenes.

##### 4.1.2.1 TAREA DE COMPRA PRODUCTOS HEDÓNICOS

Para el grupo de las mujeres, en la tarea de compra de productos hedónicos, se usaron las siguientes variables / límites para la selección de los clusters:

p value (0.01- False Discovery Rate<sup>1</sup>) = 0.0014953

Degrees of Freedom (df) = 26

Intensity = 3.2749

Cluster size = 5 voxels

Con estas variables se encontraron 11 clusters, que se reseñarán a continuación, con sus respectivos puntos de máxima activación, expresados en coordenadas MNI<sup>2</sup> (*MNIC - MNI Coordinates*):

---

<sup>1</sup> False Discovery Rate = Valor de corrección para comparaciones múltiples

<sup>2</sup> Sistema de coordenadas estereotáxicas (X,Y,Z), ideado por el Montreal Neurological Institute and Hospital (MNI), usado como alternativa a las coordenadas de Talairach

**TABLA 4.3**  
**Análisis de Clusters**  
**Tarea Compra Productos Hedónicos - Mujeres**

Cluster No.	Tamaño Cluster (vox.)	Área de Máxima Activación	MNIC Máxima Activación	Intensidad Máxima
1	127	Lóbulo Semilunar (Der)	30, -74, -58	4.47
2	56	Cerebelo (Izq)	-34,-72,-54	4.16
3	36.548	Giro Fusiforme (Izq)	-40,-50,-18	9.75
4	53	Amígdala Cerebelar (Izq)	-22,-40,-42	4.16
5	14	Cerebelo (Der)	20,-44,-40	3.57
6	1.981	Mesencéfalo (Izq)	-6,-20,-4	7.46
7	243	Giro Frontal Inferior-Orbital (Izq)	-32,32,-14	5.12
8	197	Giro Frontal Inferior-Orbital (Der)	30,34,-12	4.87
9	321	Núcleos Basales (Der)	16,8,6	5.56
10	1.514	Giro Frontal Medio (Der)	52,34,20	8.97
11	317	Giro Frontal Medio (Der)	34,-2,58	4.51

*Para cada uno de los clusters se señala: I. Su tamaño, medido en términos de voxels<sup>3</sup>. II. El área cerebral en la que se presenta mayor activación dentro de ese cluster. III. Las coordenadas del punto de máxima activación expresadas en tres ejes (X, Y, Z). IV. La intensidad del punto de máxima activación, correspondiente al Z-Score . FUENTE: Elaboración Propia.*

---

<sup>3</sup> Los voxels son la unidad de representación espacial de las imágenes de resonancia magnética y representan la unidad mínima de tejido cerebral de cada imagen (Amaro & Barker, 2006). Los voxels al igual que los pixels determinan la resolución de la imagen por lo cual a menor tamaño del voxel, mayor resolución tendrá la imagen cerebral.



Así mismo, se encontraron las siguientes áreas de activación significativa, distribuidas según su ubicación:

**TABLA 4.4**  
*Zonas de Activación Significativa*  
*Tarea de Compra Productos Hedónicos - Mujeres*

Área de Activación	Hemisf.	MNIC	T. Cluster	AB
<b>LOBULO FRONTAL</b>				
Giro Frontal Superior	IZQ	-15,36,40	36.547	4-6-8
Giro Frontal Medio	IZQ	-39,33,35	317	9-10-46
	DER	43,38,35	317	9-10-46
Giro Frontal Medial	IZQ	-17,34,28	1.514	8-9
	DER	18,32,28	1.514	8-9
Giro Frontal Inferior	IZQ	-52,22,16	243	11-44-
	DER	54,25,16	197	45-47
<b>LÓBULO PARIETAL</b>				
Giro Angular	IZQ	-32,-56,30	36.547	39
	DER	30,-54,36	36.547	39
Giro Supramarginal	IZQ	-45,-50,28	36.547	40
Lóbulos Parietales Superiores	IZQ	-41,-38,28	36.547	5-7
	DER	52,-38,28	36.547	5-7
<b>LÓBULO OCCIPITAL</b>				
Giro Lingual	IZQ	-16,-79,-8	36.547	17
Giro Occipital Medio	IZQ	-30,-74,-8	36.547	18-19
	DER	42,-75,-10	36.547	18-19
Cuña	IZQ	20,-96,-1	36.547	17
	DER	-24,-93,4	36.547	17
<b>LÓBULO TEMPORAL</b>				
Giro Fusiforme	IZQ	-40,-42,12	36.547	37
	DER	46,-47,12	36.547	37

Giro Temporal Inferior	IZQ	-55,-49,-12	36.547	20
	DER	59,-50,-12	36.547	20
<b>LÓBULO LÍMBICO</b>				
Giro Parahipocampal	IZQ	-30,-25,-8	36.547	-
	DER	-24,-16,-16	36.547	-
Hipocampo	IZQ	-31,-22,-10	36.547	-
Giro Cingulado	IZQ	-10,28,38	36.547	32
<b>CORTEZA INSULAR</b>				
Ínsula	IZQ	-41,9,11	36.547	13

*Para cada área de activación se señala: I. El lóbulo en el que está localizada. II. El hemisferio activado. III. Las coordenadas del punto de máxima activación del área, expresadas en tres ejes (X, Y, Z). IV. El tamaño del cluster en el que se halló esta activación, medido en términos de voxels. V. El Área de Brodmann a la que corresponde el área activada. FUENTE: Elaboración Propia.*

Por su parte, para el grupo de hombres, se obtuvieron 8 clusters distribuidos de la siguiente manera:

**TABLA 4.5**  
**Análisis de Clusters**  
**Tarea de Compra Productos Hedónicos - Hombres**

Cluster No.	Tamaño Cluster (vox.)	Área de Máxima Activación	MNIC Máxima Activación	Intensidad Máxima
1	6.394	Giro Frontal Medio (Izq)	-48,23,23	7.06
2	826	Giro Frontal Medio (Der)	49,30,19	6.08
3	70	Giro Frontal Inferior (Der)	46,7,24	4.02
4	200	Giro Frontal Inferior (Der)	34,27,-5	4.15
5	85	Giro Frontal Inferior (Der)	34,36,-8	4.69
6	1.437	Precuña (Der)	32,-64,42	5.43
7	194	Hipocampo (Izq)	-32,-24,-9	4.82
8	4.398	Giro Occipital Inferior (Izq)	-28,-88,-5	6.21

*Para cada uno de los clusters se señala: I. Su tamaño, medido en términos de voxels<sup>4</sup>. II. El área cerebral en la que se presenta mayor activación dentro de ese cluster. III. Las coordenadas del punto de máxima activación expresadas en tres ejes (X, Y, Z). IV. La intensidad del punto de máxima activación, correspondiente al Z-Score . FUENTE: Elaboración Propia. FUENTE: Elaboración Propia.*

Cabe aclarar que la diferencia en el número de clusters encontrados para el grupo de mujeres, en relación con el de hombres, obedece a la exclusión, para hombres, de estructuras del sistema extrapiramidal (núcleos basales y núcleos sub-corticales) y de otras propias del cerebelo y el tallo encefálico.

<sup>4</sup> Los voxels son la unidad de representación espacial de las imágenes de resonancia magnética y representan la unidad mínima de tejido cerebral de cada imagen (Amaro & Barker, 2006). Los voxels al igual que los pixels determinan la resolución de la imagen por lo cual a menor tamaño del voxel, mayor resolución tendrá la imagen cerebral.

En cuanto a las áreas de activación significativa, se encontraron:

**TABLA 4.6**  
*Zonas de Activación Significativa*  
*Tarea de Compra Productos Hedónicos - Hombres*

Área de Activación	Hemisf.	MNIC	T. Cluster	AB
<b>LOBULO FRONTAL</b>				
Giro Frontal Superior	IZQ	-22,30,50	6.394	4-6-8
	DER	14,43,48	6.394	4-6-8
Giro Frontal Medio	IZQ	-40,9,53	6.394	9-10-46
	DER	30,39,44	826	9-10-46
Giro Frontal Medial	IZQ	0,29,41	6.394	8-9
Giro Frontal Inferior	IZQ	-48,28,15	6.394	11-44-
	DER	34,27,-5	200	45-47
<b>LÓBULO PARIETAL</b>				
Giro Angular	DER	32,-56,36	1.437	39
Precuña	DER	-24,-70,36	4.398	7-19-31
	IZQ	32,-64,42	1.437	7-19-31
Lóbulo Parietal Superior	IZQ	-32,-69,36	4.398	5-7
<b>LÓBULO OCCIPITAL</b>				
Giro Lingual	IZQ	-10,-80,-7	4.398	18-19
	DER	6,-75,5	4.398	18-19
Giro Occipital Medio	IZQ	-36,-87,13	4.398	18-19
	DER	42,-81,4	1.437	18-19
Cuña	IZQ	-24,-86,26	4.398	18-19
	DER	26,-95,-1	1.437	18-19
Giro Occipital Inferior	IZQ	-28,-88,-5	4.398	18-19
	DER	38,-70,-4	1.437	18-19

<b>LÓBULO TEMPORAL</b>				
Giro Fusiforme	IZQ	-32,-64,-6	4.398	37
	DER	40,-63,-7	1.437	37
Giro Temporal Medio	IZQ	-32,-65,29	4.398	39
<b>LÓBULO LÍMBICO</b>				
Giro Parahipocampal	IZQ	-24,-29,-2	194	-
	DER	32,-40,-12	1.437	-
Hipocampo	IZQ	-32,-24,-9	194	-
Giro Cingulado	IZQ	-10,22,43	6.394	32

Para cada área de activación se señala: I. El lóbulo en el que está localizada. II. El hemisferio activado. III. Las coordenadas del punto de máxima activación del área, expresadas en tres ejes (X, Y, Z). IV. El tamaño del cluster en el que se halló esta activación, medido en términos de voxels. V. El Área de Brodmann a la que corresponde el área activada. FUENTE: Elaboración Propia.

#### 4.1.2.2 TAREA DE COMPRA PRODUCTOS FUNCIONALES

Para el grupo de las mujeres, en la tarea de compra de productos funcionales, se usaron las siguientes variables / límites para la selección de los clusters:

p value (0.01- False Discovery Rate<sup>5</sup>) = 0.00065971

Degrees of Freedom (df) = 26

Intensity = 3.5986

Cluster size = 5 voxels

Con estas variables se encontraron 12 clusters, que se reseñarán a continuación, con sus respectivos puntos de máxima activación, expresados en coordenadas MNI<sup>6</sup>:

<sup>5</sup> False Discovery Rate = Valor de corrección para comparaciones múltiples

<sup>6</sup> Sistema de coordenadas estereotáxicas (X,Y,Z), ideado por el Montreal Neurological Institute and Hospital (MNI), usado como alternativa a las coordenadas de Talairach

**TABLA 4.7**  
**Análisis de Clusters**  
**Tarea de Compra Productos Funcionales - Mujeres**

Cluster No.	Tamaño Cluster (vox.)	Área de Máxima Activación	MNIC Máxima Activación	Intensidad Máxima
1	14.960	Giro Lingual (Izq)	-10,-90,-8	8.55
2	199	Tronco Encefálico (Izq)	-6,-28,-10	4.94
3	106	Giro Frontal Inferior-Orbital (Izq)	-34,32,-8	4.58
4	47	Giro Frontal Inferior-Orbital (Der)	30,32,-12	4.83
5	183	Núcleo Lentiforme - Putamen (Izq)	-22,10,0	5.34
6	53	Ínsula (Der)	28,24,4	4.63
7	32	Ínsula (Izq)	-28,24,6	4.23
8	2.178	Giro Precentral (Izq)	-46,0,32	6.83
9	57	Giro Frontal Medio (Der)	52,38,22	5.25
10	7	Giro Frontal Medial (Izq)	-10,30,38	3.74
11	403	Giro Frontal Superior (Izq)	-2,12,56	4.84
12	8	Lóbulo Parietal Superior (Izq)	-34,-66,62	4.38

Para cada uno de los clusters se señala: I. Su tamaño, medido en términos de voxels. II. El área cerebral en la que se presenta mayor activación dentro de ese cluster. III. Las coordenadas del punto de máxima activación expresadas en tres ejes (X, Y, Z). IV. La intensidad del punto de máxima activación, correspondiente al Z-Score . FUENTE: Elaboración Propia.

Así mismo, se encontraron las siguientes áreas de activación significativa, distribuidas según su ubicación:

**TABLA 4.8**  
**Zonas de Activación Significativa**  
**Tarea de Compra Productos Funcionales - Mujeres**

Área de Activación	Hemisf.	MNIC	T. Cluster	AB
<b>LOBULO FRONTAL</b>				
Giro Frontal Superior	IZQ	-18,34,38	403	4-6-8
Giro Frontal Medial	IZQ	2,28,42	7	8-9
Giro Frontal Inferior	IZQ	-15,33,27	2.178	11-44-45-47
	DER	19,32,28	47	
Giro Precentral	IZQ	-47,-8,32	2.178	4
	DER	58,-6,32	2.178	4
<b>LÓBULO PARIETAL</b>				
Giro Angular	IZQ	-31,-55,28	14.960	39
	DER	30,-55,26	14.960	39
Lóbulos Parietales Superiores	IZQ	-39,-35,25	14.960	5-7
	DER	50,-36,26	14.960	5-7
<b>LÓBULO OCCIPITAL</b>				
Giro Lingual	IZQ	-14,-77,-10	14.960	17
Giro Occipital Medio	IZQ	-35,-79,-16	14.960	18-19
	DER	40,-73,-7	14.960	18-19
Cuña	IZQ	21,-97,-2	14.960	17
	DER	-23,-95,6	14.960	17
<b>LÓBULO TEMPORAL</b>				
Giro Fusiforme	IZQ	-42,-42,12	14.960	37
	DER	39,-45,12	14.960	37
Giro Temporal Inferior	IZQ	-55,-47,-10	14.960	20
	DER	56,-48,-12	14.960	20

Giro Temporal Medial	DER	50,-71,24	14.960	27-28-34-35-36
<b>LÓBULO LÍMBICO</b>				
Giro Parahipocampal	DER	-28,-26,-8	14.960	-
	IZQ	-24,-14,-16	14.960	-
Giro Cingulado	IZQ	-12,20,42	14.960	32
<b>CORTEZA INSULAR</b>				
Ínsula	IZQ	-40,10,12	53	13

Para cada área de activación se señala: I. El lóbulo en el que está localizada. II. El hemisferio activado. III. Las coordenadas del punto de máxima activación del área, expresadas en tres ejes (X, Y, Z). IV. El tamaño del cluster en el que se halló esta activación, medido en términos de voxels. V. El Área de Brodmann a la que corresponde el área activada. FUENTE: Elaboración Propia.

Por su parte, para el grupo de hombres, se obtuvieron 7 clusters distribuidos de la siguiente manera:

**TABLA 4.9**  
**Análisis de Clusters**  
**Tarea de Compra Productos Funcionales - Hombres**

Cluster No.	Tamaño Cluster (vox.)	Área de Máxima Activación	MNIC Máxima Activación	Intensidad Máxima
1	3.404	Giro Frontal Inferior (Izq)	-49,28,12	5.42
2	213	Giro frontal Medio (Der)	53,34,17	4.13
3	63	Giro frontal Medio (Der)	38,34,-8	3.96
4	2.348	Giro Occipital Medio (Izq)	-30,-85,13	6.36
5	911	Giro Fusiforme (Der)	36,-62,-6	5.22
6	17	Giro Angular	32,-56,38	3.38
7	209	Giro Lingual	-8,-82,-5	4.07

Para cada uno de los clusters se señala: I. Su tamaño, medido en términos de voxels. II. El área cerebral en la que se presenta mayor activación dentro de ese cluster. III. Las coordenadas del punto de máxima activación expresadas en tres ejes (X, Y, Z). IV. La intensidad del punto de máxima activación, correspondiente al Z-Score. FUENTE: Elaboración Propia.



Al igual que en el apartado anterior, la diferencia en el número de clusters encontrados para el grupo de mujeres, en relación con el de hombres, obedece a la exclusión, para hombres, de estructuras del sistema extrapiramidal (núcleos basales y núcleos subcorticales) y de otras propias del cerebelo y el tallo encefálico.

En cuanto a las áreas de activación significativa, se encontraron:

**TABLA 4.10**  
*Zonas de Activación Significativa*  
*Tarea Compra Productos Funcionales - Hombres*

Área de Activación	Hemisf.	MNIC	T. Cluster	AB
<b>LOBULO FRONTAL</b>				
Giro Frontal Superior	IZQ	-14,36,50	3.404	4-6-8
	DER	20,37,48	3.404	4-6-8
Giro Frontal Medio	IZQ	-44,21,23	3.404	9-10-46
	DER	53,34,17	213	9-10-46
Giro Frontal Medial	IZQ	-4,27,37	3.404	8-9
Giro Frontal Inferior	IZQ	-49,28,12	3.404	11-44-45-47
<b>LÓBULO PARIETAL</b>				
Giro Angular	DER	32,-56,38	63	39
Precuña	IZQ	-26,-70,36	2.348	31-19
	DER	32,-73,24	911	31-19
Lóbulo Parietal Superior	IZQ	-26,-73,44	2.348	5-7
<b>LÓBULO OCCIPITAL</b>				
Giro Lingual	DER	-8,-82,-5	209	17-18
Giro Occipital Medio	IZQ	-30,-85,13	2.348	18-19
	DER	32,-84,1	911	18-19
Giro Occipital Inferior	DER	-32,-84,-3	2.348	18-19

<b>LÓBULO TEMPORAL</b>				
Giro Fusiforme	IZQ	-46,-59,-9	2.348	37
	DER	36,-62,-6	911	37
<b>LÓBULO LÍMBICO</b>				
Giro Parahipocampal	IZQ	-28,-45,-10	2.348	-
Giro Cingulado	IZQ	-10,33,32	3.404	32
	DER	8,27,34	3.404	32

Para cada área de activación se señala: I. El lóbulo en el que está localizada. II. El hemisferio activado. III. Las coordenadas del punto de máxima activación del área, expresadas en tres ejes (X, Y, Z). IV. El tamaño del cluster en el que se halló esta activación, medido en términos de voxels. V. El Área de Brodmann a la que corresponde el área activada. FUENTE: Elaboración Propia.

## 4.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TAREAS

Con el fin de identificar las similitudes y diferencias en la activación cerebral para cada uno de los grupos de análisis en cada una de las tareas de compra realizadas y reuniendo los resultados de análisis de imágenes y análisis estadísticos, a continuación se reseñan a modo de resumen las áreas de activación significativa respectivas:

**TABLA 4.11**  
*Análisis Comparativo de Zonas de Activación Significativa*  
*Por Género y Tipo de Tarea*

Área de Activación	Hemisf.	PRODUCTOS HEDONICOS		PRODUCTOS FUNCIONALES	
		H	M	H	M
LOBULO FRONTAL					
Giro Frontal Superior	IZQ	X	X	X	X
	DER	X		X	
Giro Frontal Medio	IZQ	X	X	X	X
	DER	X	X	X	X
Giro Frontal Medial	IZQ	X	X	X	X
	DER	X	X	X	X
Giro Frontal Inferior	IZQ	X	X	X	X
	DER	X	X	X	X
Giro Frontal Orbital	IZQ	X	X	X	X
	DER				
Giro Precentral	IZQ		X		X
	DER	X	X		X

<b>LÓBULO PARIETAL</b>					
Giro Post-central	IZQ		X		X
	DER				
Giro Angular	IZQ	X	X	X	X
	DER	X	X	X	X
Giro Supramarginal	IZQ		X		X
	DER				
Lóbulos Parietales Superiores	IZQ	X	X	X	X
	DER	X	X	X	X
<b>LÓBULO OCCIPITAL</b>					
Giro Lingual	IZQ	X	X	X	X
	DER	X		X	
Giro Occipital Medio	IZQ	X	X	X	X
	DER	X	X	X	X
Giro Occipital Inferior	IZQ	X	X		X
	DER	X	X	X	X
Giro Calcarino	IZQ	X	X	X	X
	DER	X	X	X	X
Cuña	IZQ	X	X	X	X
	DER	X	X	X	X
<b>LÓBULO TEMPORAL</b>					
Giro Fusiforme	IZQ	X	X	X	X
	DER	X	X	X	X
Giro Temporal Inferior	IZQ	X	X	X	X
	DER	X	X	X	X
Giro Temporal Medio	IZQ	X	X	X	X
	DER		X		X
<b>LÓBULO LÍMBICO</b>					
Giro Parahipocampal	IZQ	X	X	X	X
	DER	X	X	X	X

Hipocampo	IZQ	X	X		
	DER	X			
Giro Cingulado	IZQ	X	X	X	X
	DER			X	
<b>CORTEZA INSULAR</b>					
Ínsula	IZQ	X	X	X	X
	DER	X	X		X

FUENTE: Elaboración Propia.

**CAPÍTULO V.**  
**DISCUSIÓN, CONCLUSIONES**  
**Y APORTACIONES**

## 5.1 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Durante años, han sido objeto de estudio las múltiples diferencias, que a la vista o no, parecen diferenciar al género femenino del masculino. No obstante, en el campo neurocientífico, aún es poca la literatura existente capaz de revelar diferencias significativas entre géneros, en lo que se refiere a procesos en el marco del comportamiento del consumidor, como la toma de decisiones de compra.

En el presente apartado, se discutirán los resultados obtenidos en este estudio de investigación con el fin de aportar al discernimiento de las diferencias de género que alberga este proceso en particular.

Para comenzar, cabe señalar las principales diferencias morfológicas halladas a nivel cerebral. Ya en 1966, Seymour Levine, en su investigación titulada “Sex Differences in the Brain”, comenzaba a vislumbrar las diferencias en cuanto al tamaño de las estructuras cerebrales, que como el hipotálamo, influyen en la regulación del comportamiento.

Gracias a los avances tecnológicos y el advenimiento de técnicas de exploración neurológicas cada vez menos invasivas, en los últimos diez años, ha sido posible identificar diferencias en el tamaño de muchas áreas corticales y subcorticales, evidenciándose un mayor tamaño en las cortezas frontal y medial paralímbica en mujeres, en contraste con un mayor tamaño en la corteza frontomedial, la amígdala y el hipotálamo en hombres (Goldstein, et al., 2001, Cahill, 2005).

Al parecer, gracias a su morfología cerebral los hombres cuentan con mejores habilidades motoras y espaciales, mientras que las mujeres presentan una mejor memoria y mayor habilidad en tareas de orden cognitivo, como el razonamiento asociado a la toma de decisiones (Gur, et al., 2002. Ingahalikara, et al. 2014).

En general, las investigaciones parecen coincidir en que las mujeres cuentan con una mayor densidad neuronal (número de neuronas por unidad de volumen) en la corteza del lóbulo temporal, asociada con los procesos de lenguaje, así como en la corteza

auditiva (Giro de Heschl's), asociada con la fluidez verbal (Hall, et al. 2004. Hines, 2004. Cahill, 2005, 2006) y la corteza frontal. Mientras que en contraste, los hombres parecen presentar mayores volúmenes de corteza parietal y un volumen mayor en la amígdala cerebral. (Baas, et al. 2004).

De otra parte, se han encontrado asimetrías funcionales a nivel cerebral en procesos como el reconocimiento de las emociones, la regulación de las mismas y la toma de decisiones tanto en entornos de riesgo como en entornos de certeza.

En lo que se refiere al reconocimiento de las emociones, se ha encontrado activación mayor en mujeres en el giro cingulado, el putamen y el cerebelo, durante la inducción del estado emocional derivado de estímulos positivos, y en el giro temporal superior y el vermis cerebeloso durante la inducción del estado emocional derivado de estímulos negativos (Hofer, et al., 2006).

Por el contrario, en hombres se halló una mayor conectividad funcional entre la corteza insular y la corteza cingulada anterior, en lo que constituye el circuito involucrado en la regulación de los cambios de atención en el entorno. (Moriguchi, et al., 2013)

Estos hallazgos sugieren que el procesamiento de las emociones de las mujeres es relativamente más auto-centrado y preciso, mientras que en los hombres este proceso es mucho más global y centrado en el entorno (Adolphs, 2002, McClure, 2000, Hoffman, et al., 2010).

En cuanto a la regulación de las emociones, los estudios apuntan a la existencia de zonas cerebrales comunes para ambos géneros en la regulación emocional, sin embargo, parece haber regiones cerebrales específicas para cada género en la regulación de emociones positivas y negativas.

En este sentido, durante la regulación de emociones negativas, tanto hombres como mujeres muestran activación en las regiones prefrontales, incluyendo la zona dorsolateral izquierda y orbitofrontal lateral, así como el giro cingulado anterior, mostrando las mujeres una activación mayor en el giro orbitofrontal medial



izquierdo. En contraste, durante el proceso de regulación de emociones positivas, los dos géneros muestran activación en el giro prefrontal dorsomedial izquierdo, sin embargo, se evidencia una activación más fuerte en los hombre en el giro orbitofrontal izquierdo. (Mak, et al., 2009).

Finalmente, en lo que se refiere a la toma de decisiones, se ha encontrado en hombres un mejor desempeño en decisiones con riesgo asociado y una mayor actividad cerebral lateralizada en el hemisferio derecho en comparación con las mujeres. Esto se evidencia con una mayor activación de la Corteza Orbitofrontal derecha del hombre durante el proceso, en contraste con una mayor activación en la Corteza Prefrontal Dorsolateral izquierda, Giro Frontal Medial izquierdo y Lóbulo Temporal izquierdo durante el mismo proceso. (Bolla,et al., 2004. Cardona, et al., 2011, Jonhstone, et al., 2013. Sutterer, et al., 2015).

Así mismo, se ha observado una mayor activación en hombres de estructuras del denominado sistema límbico, como la amígdala y el estriado ventral, en contraste con una activación mayor de la corteza orbitifrontal medial en mujeres (Bolla, 2004. Van Den Bos, et al., 2013).

Con estos conceptos en mente, a continuación se discutirán los principales hallazgos del presente estudio, en consonancia con las hipótesis básicas planteadas en el apartado III, en el que se enunció la metodología de esta investigación:

***HB1. La dimensión de las zonas y estructuras cerebrales, tiene incidencia en las magnitudes (intensidad, dimensión) de activación de las estructuras cerebrales.***

Como ya se mencionó anteriormente, numerosas investigaciones se han ocupado de analizar las múltiples diferencias cerebrales entre géneros (Hall, et al., 2004. Hines, 2004. Cahill, 2005, 2006. Baas, et al. 2004. Gur, et al., 2002. Ingahalikara, et al., 2013). De hecho, en el Meta-análisis realizado recientemente por el Dr. Ruigroka y su equipo (2014), "A meta-analysis of sex differences in human brain structure", se encontraron más de 5.000 artículos con estudios relacionados con las diferencias en las estructuras cerebrales derivadas de las diferencias de género.

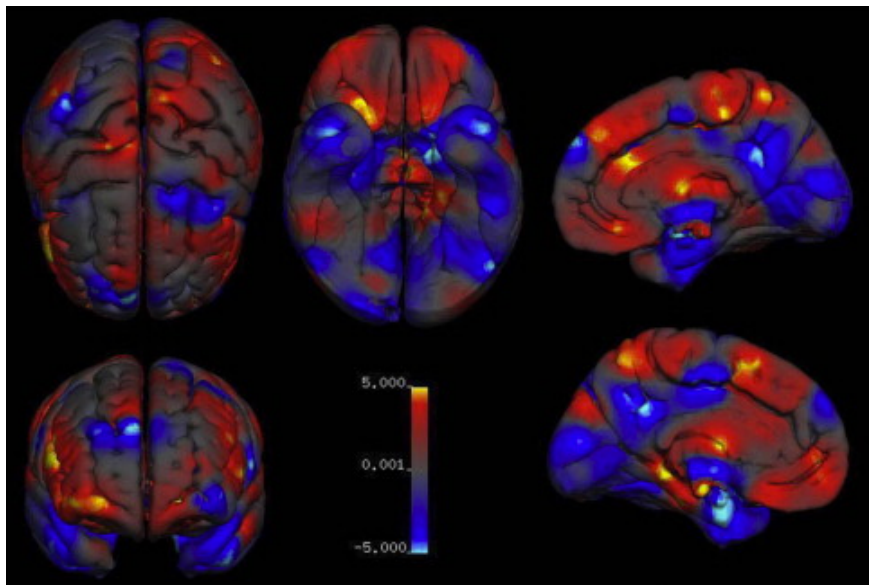
Fueron analizados con profundidad 126 estudios (Ver relación de artículos en Anexos), de los cuales, 77 versaban sobre el Volumen Intracraneal (ICV), 31, al Volumen total del Cerebro (TBV), 22 al Cerebro (Cb), 60 a la Materia Gris (GM), 57 a la Materia Blanca (WM), 35 al fluido Cerebro Espinal (CSF) y 19 al Cerebelo (Cbl).

Como resultado de dicho Meta análisis, se encontraron diferencias significativas tanto en relación con el volumen (dimensión de las áreas cerebrales), como en la densidad (número de neuronas por unidad de volumen) cerebral, por género.

En cuanto al volumen, se encontró que los hombres en relación con las mujeres presentan mayores volúmenes absolutos así: ICV (12%), TBV (11%), Cb (10%), GM (9%), WM (13%), CSF (11.5%) y Cbl (9%) (Ruigroka, 2014).

FIGURA 5.1

*Diferencias en el Volumen de Materia Gris Cerebral por Género*



*Dimensiones medidas en Voxels. Áreas con mayor volumen en Mujeres que en Hombres señalizadas en color Rojo. Áreas con mayor volumen en Hombres que en Mujeres señalizadas en color Azul. FUENTE: Ruigroka, et al., 2014.*

**TABLA 5.1**  
*Diferencias de Volumen y Densidad Cerebral por Género*

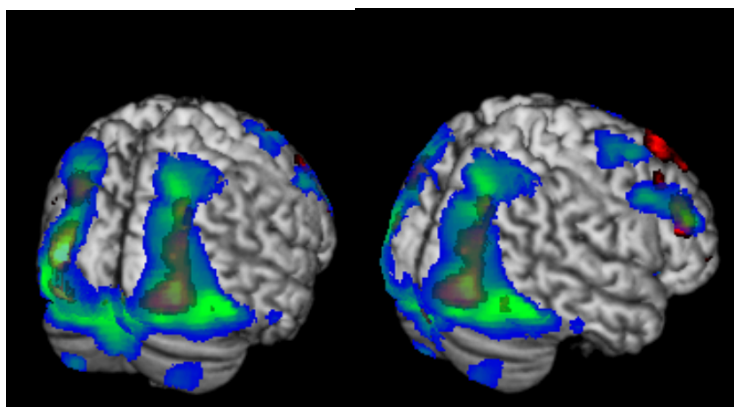
Área	VOLUMEN		DENSIDAD	
	H	M	H	M
<b>LOBULO FRONTAL</b>				
Giro Frontal Superior				X
Giro Frontal Medio		X		X
Giro Frontal Medial				X
Giro Frontal Inferior		X		X
Giro Frontal Orbital		X		X
<b>LÓBULO PARIETAL</b>				
Precuña	X			
<b>LÓBULO TEMPORAL</b>				
Giro Temporal Medial	X			
<b>LÓBULO LÍMBICO</b>				
Giro Parahipocampal	X			
Hipocampo	X		X	
Giro Cingulado	X			
Amígdala	X		X	
<b>CORTEZA INSULAR</b>				
Ínsula		X	X	

FUENTE: Elaboración Propia con información de Ruigroka, et al., 2014

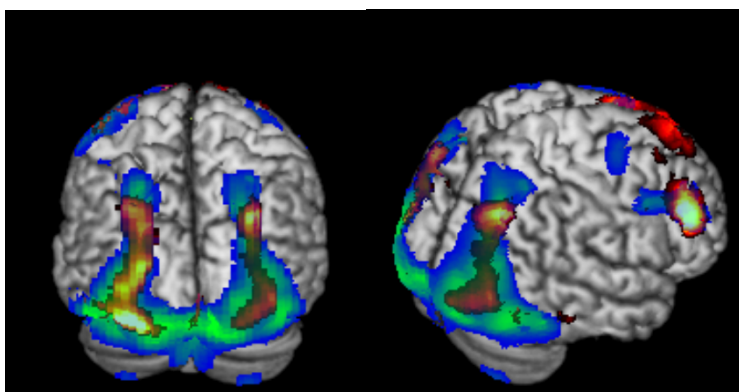
En concordancia con los resultados del presente estudio, aunque en la mayoría de los casos se evidencia activación cerebral en todas las áreas enunciadas tanto en hombres como en mujeres, es visible en las imágenes de las resonancias magnéticas, una mayor activación en el lóbulo prefrontal en el grupo de mujeres.

### IMÁGEN 5.1

*Activación Frontal Grupo de Mujeres, por Tipo de Tarea de Compra*



*TAREA COMPRA PRODUCTOS FUNCIONALES*



*TAREA COMPRA PRODUCTOS HEDÓNICOS*

*Activación de hombres en escala de colores rojo/naranja/amarillo. Activación de mujeres en escala de colores verde/azul. FUENTE: Elaboración Propia. Mapas elaborados con MRICron, usando las imágenes obtenidas en la investigación.*

Esta activación, se valida con el análisis estadístico, en el que se evidencia para el grupo de mujeres, en la tarea de compra de productos funcionales, la presencia de 6 clusters, de un total de 12 hallados, en la zona prefrontal, con puntos de máxima activación ubicados en el Giro Frontal Medio, Giro Frontal Inferior y Giro Frontal

Orbital, Giro Frontal Medio, Giro Frontal Medial y Giro Precentral, con activaciones de 3.74, 4.58, 4.83, 4.84, 5.25 y 6.83 (valores sobre base 10).

Igualmente, para la tarea de compra de productos hedónicos, se encontraron 4 clusters (de 11), con centro en la zona prefrontal y puntos de máxima activación ubicados en el Giro Frontal Medio, Giro Frontal Inferior y Giro Frontal Orbital, con activaciones de 8.97, 5.12, 4.87 y 4.51 (x/10).

En cuanto al grupo de hombres, el meta-análisis sugiere una mayor activación en estructuras parietales, tales como la precuña, así como en estructuras de la corteza límbica como la amígdala, que según múltiples estudios científicos ha resultado tener mayor volumen y densidad en hombres (Bass, et al., 2004. Cahill, 2005. Ruigroka, et al., 2014).

Esta activación, se valida con el análisis estadístico, en el que se encontró para el grupo de hombres, en la tarea de compra de productos hedónicos, la presencia de 3 clusters, de un total de 8 hallados, en la zona parieto-occipital y la corteza límbica. Estos clusters, con centro en la Precuña, el Hipocampo y el Giro Occipital Inferior, presentaron activaciones de 5.43, 4.82 y 6.21, respectivamente.

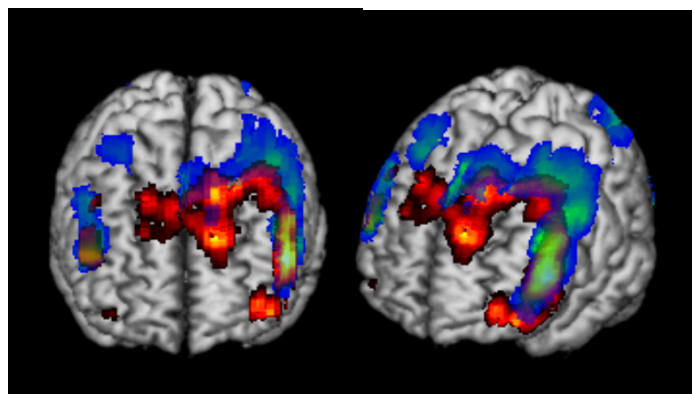
Del mismo modo, en la tarea de compra de productos funcionales, el análisis estadístico arrojó 4 clusters (de 7 hallados), con puntos de máxima activación ubicados en el Giro Fusiforme<sup>1</sup>, Giro Angular, Giro Lingual y Giro Occipital Medio y coeficientes de activación de 5.22, 3.38, 4.07 y 6.36, respectivamente.

---

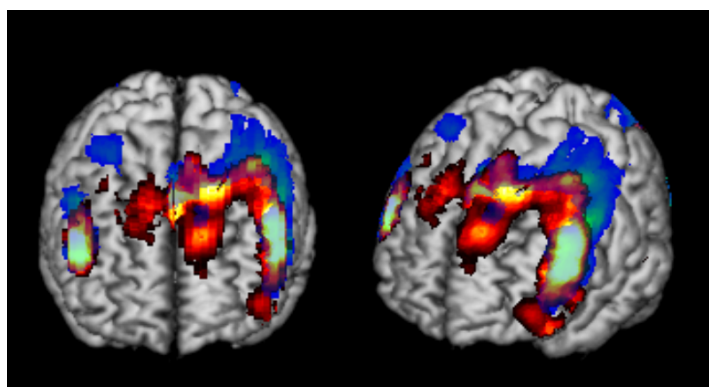
<sup>1</sup> Se incluye el Giro Fusiforme puesto que además de estar ubicado en la corteza occipitotemporal, presenta una conexión subcortical con la amígdala (Morris, 1999. Herrington, 2011), estructura de mayor volumen y densidad en hombre.

IMÁGEN 5.2

*Activación Parieto - Occipital Grupo de Hombres, por Tipo de Tarea de Compra*



TAREA COMPRA PRODUCTOS FUNCIONALES



TAREA COMPRA PRODUCTOS HEDÓNICOS

*Activación de hombres en escala de colores rojo/naranja/amarillo. Activación de mujeres en escala de colores verde/azul. FUENTE: Elaboración Propia. Mapas elaborados con MRICron, usando las imágenes obtenidas en la investigación.*

De otra parte, tal como se mencionó anteriormente, aunque hubo activación para ambos grupos de análisis en las mismas zonas y estructuras cerebrales, bien vale la pena mencionar que al comparar la intensidad de activación en las mismas zonas para hombre y mujeres, se encuentran una mayor intensidad en las zonas y estructuras con

mayor volumen y densidad para cada uno de los géneros, tal como se evidencia en la siguiente tabla:

**TABLA 5.2**  
*Diferencias en la Intensidad de la Activación Cerebral por Género*

Área Activada	Activación por Zona	
	Hombres	Mujeres
Lóbulo Frontal	7.06	8.97
Lóbulo Temporal	5.22	9.75
Lóbulo Occipital	6.36	-
Lóbulo Parietal	5.43	4.38
Lóbulo Límbico	4.82	-

La Activación de la zona está expresada en términos de intensidad. El coeficiente corresponde al Z-Score más alto para la zona hallado en el análisis estadístico . *FUENTE: Elaboración Propia*

Así las cosas, la evidencia científica respalda los hallazgos del presente estudio en relación con que las diferencias en la dimensión de las diferentes áreas y estructuras cerebrales, derivadas del fenómeno de dimorfismo cerebral por género, podrían tener incidencia en las magnitudes de la activación cerebral (dimensión e intensidad). Esto, ya que conforme incrementa la superficie cortical y/o estructural del cerebro, se demanda una mayor perfusión sanguínea.

Dado que el presente estudio se ha realizado utilizando secuencias BOLD, que se sustentan en la detección de los cambios locales en la oxigenación y el flujo sanguíneo cerebral, en respuesta a la actividad neuronal (Rojas, 2010), era de esperarse que la activación de zonas con mayor magnitud (en volumen o densidad), requirieran de un flujo sanguíneo mayor representado en una mayor dimensión y/o intensidad de la activación cerebral.

***HB2. El flujo sanguíneo cerebral, tiene incidencia en las magnitudes (intensidad, dimensión) de activación de las estructuras cerebrales.***

En consonancia con la hipótesis anterior, numerosos estudios realizados han demostrado que las mujeres presentan un flujo cerebral global más elevado, en comparación con los hombres (Cosgrove, et al., 2007), tanto durante la realización de tareas cognitivas, como en periodos de descanso. (Dietrich, et al., 2001).

Consistente con los hallazgos en relación con las diferencias de género en el flujo cerebral, se ha encontrado que la tasa de metabolización cerebral de la glucosa, tiende a ser mayor en mujeres que en hombres (Baxter, et al., 1987), particularmente en la corteza Orbitofrontal. (Cosgrove, et al., 2007).

En estudios realizados por Rodriguez (1989), en el Instituto de Neurofisiopatología de Génova (Italia), a finales de los años ochenta, se encontró que el nivel de flujo sanguíneo cerebral en mujeres de diferentes edades, superaba, de media, en un 11% el de los hombres.

Así mismo, a pesar de que la edad parece ser un factor importante en la regresión del flujo en ambos sexos, el estudio demostró una asimetría en el flujo sanguíneo en hombres de todas las edades, con valores más altos en los niveles de perfusión en el hemisferio derecho, en contraste, con un flujo sanguíneo cerebral simétrico en mujeres (Rodriguez, 1989).

En conclusión, las mujeres parecen tener una tasa de flujo sanguíneo más alta por unidad de peso del cerebro, en relación con los hombres (Gur & Gur, 1990) y estas diferencias de género en el patrón de flujo sanguíneo regional parecen estar relacionadas con las diferencias en la organización funcional de la corteza cerebral (Bell, et al., 2006).

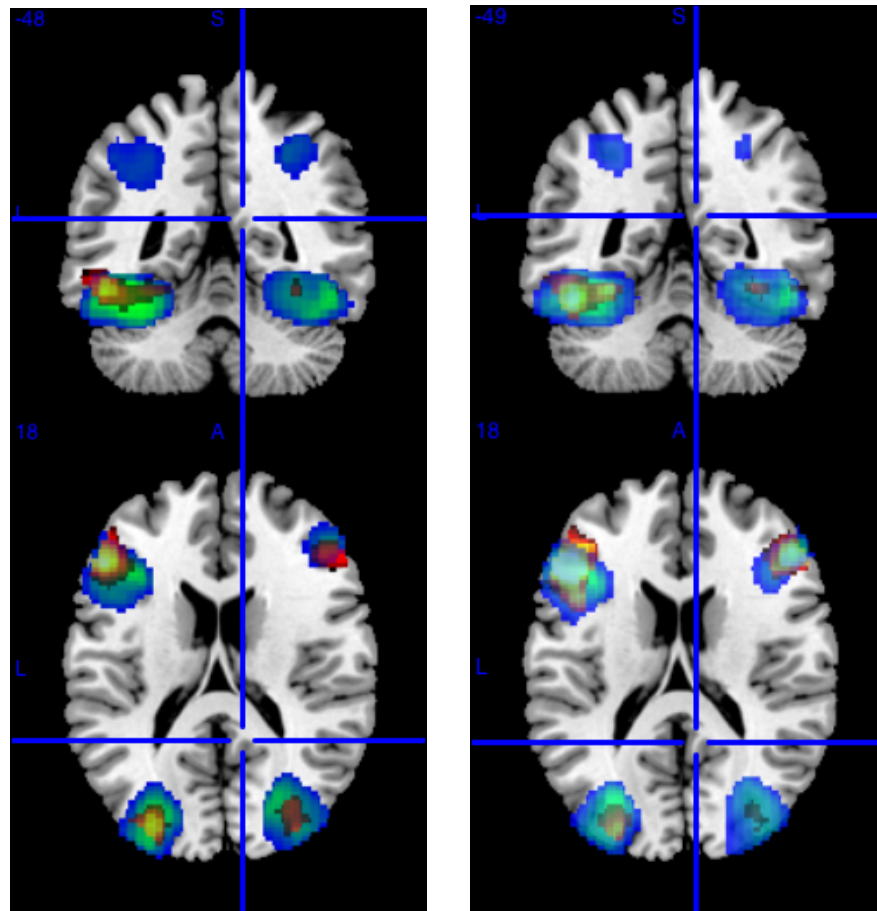
Por lo cual, la presente hipótesis se concatena con la anterior, complementando la premisa señalada, así: conforme se presenta una activación funcional en el cerebro,



se demanda una mayor perfusión sanguínea en el área implicada, que se ve representada en una mayor dimensión y/o intensidad de la activación cerebral. Evidencia de ello, se encuentra en los resultados del estudio, donde tanto en el análisis de imágenes como en el análisis estadístico se confirma una mayor dimensión e intensidad en la activación cerebral en el grupo de mujeres.

### IMÁGEN 5.3

*Diferencias en Dimensión e Intensidad de la Activación Cerebral, por Género y Tipo de Tarea - Cortes Sagital y Axial*



TAREA COMPRA P. FUNCIONALES TAREA COMPRA P. HEDÓNICOS

Activación de hombres en escala de colores rojo/naranja/amarillo. Activación de mujeres en escala de colores verde/azul. FUENTE: Elaboración Propia. Mapas elaborados con MRIcron, usando las imágenes obtenidas en la investigación.

***HB3. La asimetría funcional cerebral y el fenómeno de lateralización hemisférica, relacionados con el género, se reflejan en el proceso de toma de decisiones de compra.***

La asimetría funcional y estructural desde la perspectiva neurocientífica, se ha venido estudiando desde los tiempos de Broca, Wernicke, Sperry y Geschwind, quienes basándose en la organización simétrica del cuerpo humano, con efecto de espejo, a lo largo del eje vertical, se dieron a la tarea de explicar el desequilibrio funcional entre los dos hemisferios cerebrales (Hugdahl, 2005).

El fenómeno de la asimetría cerebral, se orienta al estudio de las diferencias morfológicas y de uso de las estructuras cerebrales en cada uno de los hemisferios, ya que a pesar de que parecieran ser casi idénticos, los hemisferios no se utilizan de la misma forma y tienen funciones diferentes.

De hecho, se sabe que cada hemisferio tiene posibilidades múltiples y ante ello, la asimetría ha dejado de plantearse como un concepto dicotómico para plantearse en términos de mayor o menor aptitud [de las estructuras cerebrales], para llevar a tal o cual modo el procesamiento de la información (Bausela, 2005).

El fenómeno de la asimetría en el procesamiento emocional, se ha revelado en una activación mayor en la amígdala y el hipocampo izquierdos, ante emociones negativas en mujeres. Esta lateralización se relaciona con las interacciones entre la amígdala y el hipocampo, que conforman un mecanismo primario por el cual se modulan las emociones en la memoria episódica (Canli, et al., 2002. Cahill, 2005, 2006).

De igual forma, las mujeres también muestran mayor activación ante estímulos negativos en el Cingulado Anterior y la Corteza Prefrontal Medial en las áreas de Brodmann 9, 10 y 32, que contrastan con una activación temporalmente más prolongada (Siegel-Hinson & McKeever, 2002. Stevens & Hamann, 2012).

Igualmente, se observó una activación mayor en el núcleo dorsal izquierdo del hipotálamo y una activación maximizada en las áreas talámicas evidenciándose una

conexión más fuerte entre la amígdala izquierda y el hipotálamo en mujeres (Cahill, 2005, 2006. Stevens & Hamann, 2012).

Para estímulos positivos, las asimetrías resultan poco significativas, aunque estudios como el de Lee (2002), señalan una activación mayor en el Giro Temporal, Giro Frontal Superior y Giro Frontal Medial en el hemisferio derecho.

Igualmente, vale la pena mencionar que las mujeres presentan una activación mayor que los hombres en áreas del tronco encefálico, mesencéfalo y cerebelo, presentándose una densidad significativa en las estructuras talámicas. (Wager, et al., 2003).

Por su parte, en hombres, se evidencia una mayor activación en la amígdala derecha (Cahill, 2005). Esta lateralización, ante emociones positivas, se prolonga hasta la Corteza Entorinal en el lóbulo temporal medial, zona esta con un papel importante en la memoria episódica y la codificación y recuperación de la memoria declarativa (Squire, et al. 2007). Así mismo, se observa una activación mayor en la Corteza Prefrontal Lateral, con una activación maximizada en el Giro Frontal Inferior y en la ínsula (Stevens & Hamann, 2012).

En cuanto a las emociones negativas, se evidencia una activación mayor en hombres en el cigulado posterior derecho y en general una fuerte lateralización derecha evidente en la ínsula, el giro frontal inferior y el giro temporal superior (Stevens & Hamann, 2012).

En lo que respecta a la toma de decisiones, se ha detectado una asimetría funcional en la Corteza Prefrontal Ventromedial (vmPFC), encontrándose que la aversión al riesgo y la ambigüedad de la aversión operan en el hemisferio derecho en los hombres y en el hemisferio izquierdo en las mujeres (Sutterer, et al., 2015) e igualmente, sistemáticos patrones de activación en la vmPFC izquierda en mujeres e izquierda en hombres en diferentes tareas asociadas con la toma de decisiones (Tranel, et al., 2005).

Como es visible, múltiples investigaciones científicas respaldan que el fenómeno de lateralización inclina la balanza de los hombres hacia el lado derecho, mientras que las mujeres tienen una marcada activación de su hemisferio izquierdo.

Estos hallazgos, son coincidentes con los resultados del presente estudio, en los que se evidencia una marcada lateralización derecha en hombres, especialmente en el Hipocampo, el Giro Cingulado (AB32), Giro Occipital Inferior (AB 18-19) Giro Temporal Medio (AB39), Giro Lingual (AB17), Giro Precentral (AB4) y Giro Frontal Superior (AB 4-6-8).

Mientras que en contraste, en mujeres se evidencia una lateralización izquierda más marcada en el Giro Frontal Superior (AB 4-6-8), Giro Frontal Orbital (AB11), Giro Post-central (AB 1-2-3), Giro Supramarginal (AB40), Giro Lingual (AB17), Giro Cingulado (AB32) e ínsula (AB13), así como una más marcada activación en las zonas del tronco encefálico, mesencéfalo y cerebelo.

***HB4. Con independencia de los fenómenos de asimetría cerebral y lateralización hemisférica, las estructuras cerebrales implicadas en el proceso de toma de decisiones de compra son las mismas dentro de cada uno de los grupos de análisis.***

Con base en el análisis realizado en el párrafo anterior, la revisión teórica y los resultados del presente estudio, puede decirse que con independencia de los fenómenos de asimetría cerebral y lateralización hemisférica, las estructuras cerebrales implicadas en el proceso de toma de decisiones de compra son las mismas dentro de cada uno de los grupos de análisis.

Esto es, que aún teniendo en cuenta las asimetrías cerebrales derivadas del género, el proceso de toma de decisiones de compra presenta un patrón de activación cerebral uniforme a nivel intragenérico.

***HB5. Con independencia del género y el tipo de producto, la toma de decisiones de compra involucra estructuras cerebrales propias del procesamiento y regulación de las emociones.***

Tal como se señaló en el marco teórico del presente estudio, las investigaciones sobre el proceso de toma de decisiones se han llevado a cabo en un escenario de dicotomía en el que se debaten las clásicas teorías de la racionalidad y las más recientes teorías que apoyan la participación de un sistema emocional en el proceso.

En concordancia con lo anterior, gracias al advenimiento de nuevas tecnologías de exploración cerebral, se ha podido encontrar que a nivel neurobiológico la toma de decisiones no puede analizarse como un proceso global, puesto que involucra una serie de sub-procesos y/ sub-sistemas que como el emocional se constituyen en piezas imprescindibles en el engranaje del proceso principal.

No obstante, estos hallazgos de forma general, se circunscriben a escenarios generalistas en los que prima el estudio de decisiones de orden económico, por lo cual, bien vale la pena acotar esta afirmación al ámbito del marketing.

Para tal efecto, debe recordarse que el proceso de toma de decisiones, tal como lo resume Johnstone (2013), se ejecuta a nivel neurológico, grosso modo, de la siguiente manera:

La evaluación de valor del estímulo está mediada por la activación del sistema de recompensas, que involucra el área tegmental ventral (VTA) al núcleo accumbens (NAC), así como a la Corteza Prefrontal (PFC) y sus subregiones (Corteza Prefrontal Ventromedial vmPFC; Corteza Orbitofrontal, OFC).

En contraste, La Corteza Prefrontal Dorsolateral dlPFC participa en la evaluación del valor de la recompensa mientras que las funciones de auto-control o regulación (verde) se imponen sobre las preferencias cuando las señales de la Corteza Prefrontal Dorsolateral dlPFC se retransmiten a la vmPFC por medio del Giro frontal inferior (IFG).

La Corteza Prefrontal Dorsolateral dlPFC y la Corteza Prefrontal Ventromedial vmPFC trabajan juntas para calcular los estados emocionales. Las reacciones emocionales a los estímulos se canalizan a través de la corteza sensorial a la Amígdala (AMY) y en última instancia al tronco cerebral con el fin de iniciar una respuesta apropiada.

Esta información se envía de nuevo a la Corteza Prefrontal, donde la dlPFC y la vmPFC tienen una representación de la respuesta emocional vinculada al estado corporal (teoría del marcador somático). Esta representación influencia la toma de decisiones tras la subsiguiente exposición al mismo estímulo.

Entretanto, la Corteza Cingulada Anterior (ACC) calcula las variables cognitivas con base en las reglas contruidas a partir de elecciones anteriores, ligadas a resultados.

Como es visible, parte importante del proceso se orienta a la evaluación de las alternativas de elección disponible y gran parte de esta evaluación se lleva a cabo mediante estructuras asociadas el procesamiento de las emociones como la amígdala, encargada de dar significado emocional a los estímulos. (Gutnik, et al., 2006)

De igual forma, el valor de los resultados, igual que las preferencias subjetivas, se han asociado con la activación de áreas en la Corteza Prefrontal Ventromedial y la Corteza Orbitofrontal (O'Doherty, et al., 2002) mientras que la activación de la Corteza Prefrontal Dorsolateral se asocia con la representación del control cognitivo de un impulso emocional. (Fehr, 2009).

En general, la literatura da por hecho que las estructuras de la Corteza Prefrontal, están altamente implicadas en procesos de regulación emocional (Liberzon, et al., 2002. Knutson & Haber, 2010. Knutson & Greer, 2008.). Especialmente, la Corteza Orbitofrontal, donde parece ser que se codifica el valor esperado de los resultados (Kable & Glimcher 2009. Knutson & Wu, 2013. Padoa-Schioppa, & Assad, 2006).

Del mismo modo, se ha encontrado que la actividad neuronal en la Corteza Cingulada, contribuye con la modulación de la recompensa y es consistente con las teorías de la atención y el aprendizaje, según las cuales esta estructura se encarga de las

predicciones de errores y la evaluación del riesgo asociado a la recompensa, especialmente durante decisiones con riesgo implícito.(Dickhaut, et al., 2003. Preuschoff, et al., 2008).

En lo que se refiere a los núcleos basales, estudios realizados han implicado el Estriado en el proceso de evaluación de las ganancias, señalando la activación del núcleo accumbens durante la anticipación de las ganancias (Knutson, et al. 2007), centrando en el Estriado, el “locus” donde el valor de la recompensa es codificado (Doya, 2007).

Como estas, muchas otras evidencias científicas avalan que el proceso de toma de decisiones involucra estructuras orientadas al procesamiento y regulación de las emociones, sugiriendo que estos dos procesos son capaces de compartir subsistemas y estructuras para dar lugar a decisiones óptimas (Damasio, 1996, 2000, 2004. Bechara, 2005. Bechara & Damasio, 2005. Adolphs, 2001, 2003, Dolan 2002).

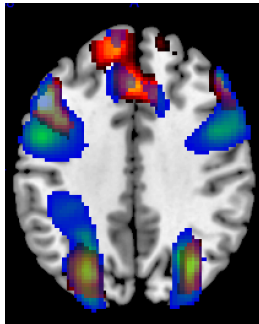
Estas evidencias científicas, se hacen patentes en los resultados obtenidos en el presente estudio, donde se observó la activación de las estructuras cerebrales mencionadas, tanto en la tarea de compra de productos hedónicos, como en la tarea de compra de productos funcionales y para ambos géneros, tal como se evidencia en la siguiente imagen.

Con base en esto, puede concluirse este apartado diciendo que las múltiples interconexiones neuronales halladas tanto en estudios previos, como en el presente estudio dan fe de la implicación de estructuras cerebrales propias del procesamiento y regulación de las emociones, en el proceso de toma de decisiones.

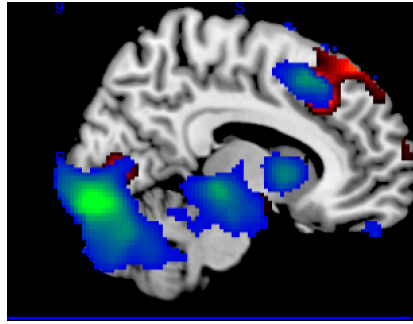
### IMAGEN 5.4

#### *Activación de Estructuras Cerebrales Implicadas en la Toma de Decisiones, por Tipo de Tarea de Compra*

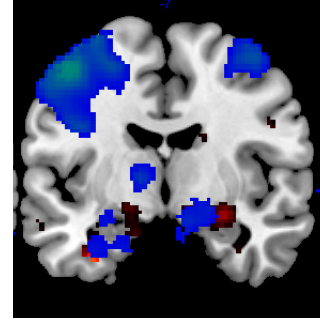
##### *TAREA DE COMPRA PRODUCTOS HEDÓNICOS*



*Activación Prefrontal  
OFC -dlPFC -vmPFC  
Ínsula*

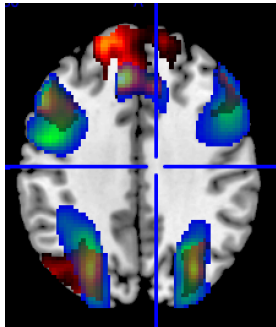


*Activación Área Cingulada (ACC)*

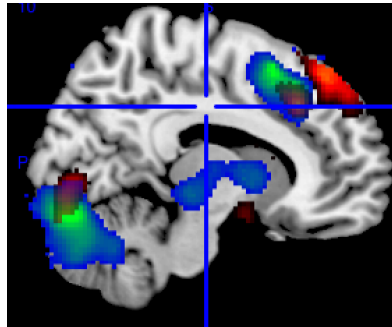


*Activación Núcleos Basales  
Amígdala - NaCC*

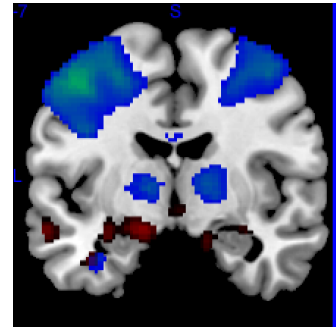
##### *TAREA DE COMPRA PRODUCTOS FUNCIONALES*



*Activación Prefrontal  
OFC -dlPFC -vmPFC  
Ínsula*



*Activación Área Cingulada (ACC)*



*Activación Núcleos Basales  
Amígdala - NaCC*

*Activación de hombres en escala de colores rojo/naranja/amarillo. Activación de mujeres en escala de colores verde/azul. FUENTE: Elaboración Propia. Mapas elaborados con MRICron, usando las imágenes obtenidas en la investigación.*



**HB6. La toma de decisiones de compra involucra las mismas estructuras cerebrales para cada género, con independencia del tipo de producto a comprar.**

Finalmente, al analizar los resultados de la investigación en lo que se refiere a las diferencias entre hombres y mujeres para cada una de las tareas, tal como se evidencia en la tabla posterior, es visible que las principales diferencias entre género se derivan de la lateralización hemisférica, tratada en un punto anterior.

En este sentido, a este respecto puede concluirse que excluyendo el patrón de activación del hipocampo asociado al contenido emocional de la tarea de compra de productos hedónicos, que se explicará con más detenimiento en el párrafo siguiente, y teniendo en cuenta las asimetrías cerebrales derivadas del género, puede decirse que el proceso de toma de decisiones de compra involucra las mismas estructuras cerebrales para cada género.

**TABLA 5.3**

*Análisis de las Diferencias de Activación por Género y Tipo de Tarea*

<b>HOMBRES &gt; MUJERES</b>		<b>MUJERES &gt; HOMBRES</b>	
<b>P. Hedónicos</b>	<b>P. Funcionales</b>	<b>P. Hedónicos</b>	<b>P. Funcionales</b>
G. Frontal Sup. (Der)	G. Frontal Sup. (Der)	G. Precentral (Izq)	G. Precentral (Izq)
G. Lingual (Der)	G. Lingual (Der)	G. Post-central (Izq)	G. Post-central (Izq)
Hipocampo (Der)	G. Cingulado (Der)	G. Supramarginal (Izq)	G. Supramarginal (Izq)
			Ínsula (Izq)
			G. Occipital Inf. (Izq)

FUENTE: Elaboración Propia

## **HALLAZGOS ADICIONALES**

Además de los hallazgos descritos anteriormente, en los resultados del estudio se evidenció una **mayor activación del Hipocampo en la tarea de compra de productos hedónicos, consistente con la hipótesis de que las emociones tienen una marcada influencia en el desempeño de la memoria.**

Al analizar los resultados de los dos grupos de análisis, haciendo una comparación de las dos tareas, se encuentra, en ambos géneros, una activación del Hipocampo en la tarea de compra de productos hedónicos, no observada en la tarea de compra de productos funcionales.

Este hallazgo resulta consistente con los estudios que sitúan en el hipocampo el centro de la memoria emocional, señalando una mayor activación del mismo en asociación con palabras y/o imágenes con moderado - alto tono emocional (Bellace, et al., 2012).

En esta misma línea, estudios similares señalan que el hipocampo está involucrado en la memoria a corto plazo y almacena el significado emocional de los estímulos (Hoag, 2008) y los recuerdos episódicos (Rolls, 1998).

Al parecer, las emociones facilitan el almacenamiento de recuerdos. Más específicamente, las emociones facilitan el funcionamiento de la memoria episódica lo cual ayuda a un mejor almacenamiento de los detalles de acontecimientos con carga emocional. (Rolls, 2014)

E igualmente, facilitan la evocación de recuerdos almacenadas en representaciones neocorticales. Proyecciones desde la amígdala hacia la corteza podrían realizarse de forma análoga en que el hipocampo permite la recuperación en el neocortex de los últimos recuerdos episódicos (Rolls, 1998).

Al parecer, el complejo conformado por la amígdala y el hipocampo gobierna dos sistemas de memoria independientes que interactúan cuando la emoción se reúne en

la memoria ocasionando una activación cerebral mayor de la zona. De hecho, hallazgos recientes sugieren que la interacción amígdala-hipocampo es bidireccional en la función de codificación de eventos emocionales. (Phelps, 2004).

Estudios realizados con pacientes con lobectomía temporal unilateral (incluyendo amígdala e hipocampo), han mostrado imposibilidad de aprendizaje emocional y un importante déficit en la memoria emocional, sugiriendo que en aquellas tareas en las que la emoción influye en el desempeño de la memoria resulta fundamental el papel tanto de la amígdala como del hipocampo. (Phelps & Anderson 1997, Phelps, 2004).

Del mismo modo, se ha encontrado que los eventos emocionales tienen un papel privilegiado en la memoria (LaBar & Phelps, 2006) y desempeñan un rol fundamental en el circuito de recompensa al modular la aversión al riesgo y liderar un proceso anticipatorio tomando como base los eventos almacenados en la memoria emocional. (Nitschke, et al. 2006).

En este sentido, Damasio, a través de su Hipótesis del Marcador Somático, apunta que todas las experiencias positivas o negativas con alto impacto emocional son almacenadas por el individuo, levantando en su interior un marcador que contiene una previsión asociada a un recuerdo rememorado por el estímulo al que se expone el sujeto. (Damasio, 1996, 2000. Bechara & Damasio, 2005).

Así las cosas, la presente investigación da pistas sobre el importante papel de las emociones en la memoria, da cuenta de la posibilidad de que marcadores somáticos derivados de experiencias con contenido emocional condicionen las decisiones de los sujetos y sugiere una mayor activación del circuito amígdala-hipocampo ante productos con contenido emocional para los sujetos.

Resultaría interesante que en futuras investigaciones profundizar en este hallazgo con el fin de dilucidar si los eventos/productos con alto contenido emocional pueden llegar a facilitar procesos más específicos relacionados con la memoria (vg. recuerdo, aprendizaje, almacenamiento, etc).

## 5.2 ANÁLISIS DE LAS HIPÓTESIS

Tal como se mencionó en el capítulo III. Metodología de la Investigación, la guía conductual del presente trabajo de investigación es la metodología científica que en su cuarto paso se orienta a la contrastación de las hipótesis básicas planteadas con el fin de determinar la falsación o contrastación de la hipótesis teórica propuesta.

Así las cosas, a continuación se procederá a analizar uno a uno los enunciados básicos inicialmente planteados:

***HB1.*** *La dimensión de las zonas y estructuras cerebrales, tiene incidencia en las magnitudes (intensidad, dimensión) de activación de las estructuras cerebrales.*

Al respecto puede decirse, que la evidencia científica respalda los hallazgos del presente estudio en relación con que las diferencias en la dimensión de las diferentes áreas y estructuras cerebrales, derivadas del fenómeno de dimorfismo cerebral por género, podrían tener incidencia en las magnitudes de la activación cerebral (dimensión e intensidad). (Gur, et al., 2002. Hall, et al. 2004. Hines, 2004. Cahill, 2005, 2006. Baas, et al., 2004. Ingahalikara, et al., 2013. Ruigroka, et al. 2014).

Esto, ya que conforme incrementa la superficie cortical y/o estructural del cerebro, se demanda una mayor perfusión sanguínea.

Dado que el estudio se realizó utilizando secuencias BOLD, que se sustentan en la detección de los cambios locales en la oxigenación y el flujo sanguíneo cerebral, en respuesta a la actividad neuronal (Rojas, 2010), era de esperarse que la activación de zonas con mayor magnitud (en volumen o densidad), requirieran de un flujo sanguíneo mayor representado en una mayor dimensión y/o intensidad de la activación cerebral.

En este sentido, puede decirse que esta hipótesis básica **(HB1) se contrasta.**

**HB2.** *El flujo sanguíneo cerebral, tiene incidencia en las magnitudes (intensidad, dimensión) de activación de las estructuras cerebrales.*

Tanto la revisión teórica (Rodríguez, et al., 1989. Gur & Gur, 1990. Bell, et al. 2006. Cosgrove, et al. 2007.), como los resultados del estudio sugieren que las mujeres presentan una tasa de flujo sanguíneo más alta por unidad de peso del cerebro, en relación con los hombres (Gur & Gur, 1990) y estas diferencias de género en el patrón de flujo sanguíneo regional parecen estar relacionadas con las diferencias en la organización funcional de la corteza cerebral (Bell, et al., 2006).

Por lo cual, se concluye que conforme se presenta una activación funcional en el cerebro, se demanda una mayor perfusión sanguínea en el área implicada, que se ve representada en una mayor dimensión y/o intensidad de la activación cerebral.

En este sentido, puede decirse que esta hipótesis básica **(HB2) se contrasta.**

**HB3.** *La asimetría funcional cerebral y el fenómeno de lateralización hemisférica, relacionados con el género, se reflejan en el proceso de toma de decisiones de compra.*

La revisión teórica realizada señala que múltiples investigaciones científicas respaldan que el fenómeno de lateralización inclina la balanza de los hombres hacia el lado derecho, mientras que las mujeres tienen una marcada activación de su hemisferio izquierdo. (Lee, et al., 2002. Canli, et al., 2002. Siegel & McKeever, 2002. Wager, 2003. Tranel, et al. 2005. Hugdahl, 2005. Bausela, 2005. Cahill, 2005, 2006. Squire, et al., 2007. Stevens & Hamann, 2012. Sutterer, et al. 2015).

Estos hallazgos, son coincidentes con los resultados del presente estudio, en los que se evidencia una marcada lateralización derecha en hombres, en estructuras cerebrales implicadas en la toma de decisiones, tales como el Hipocampo, el Giro Cingulado (AB32), Giro Occipital Inferior (AB 18-19) Giro Temporal Medio (AB39), Giro Lingual (AB17), Giro Precentral (AB4) y Giro Frontal Superior (AB 4-6-8).

Mientras que en contraste, en mujeres se evidencia una lateralización izquierda más marcada en el Giro Frontal Superior (AB 4-6-8), Giro Frontal Orbital (AB11), Giro Post-central (AB 1-2-3), Giro Supramarginal (AB40), Giro Lingual (AB17), Giro Cingulado (AB32) e ínsula (AB13), así como una más marcada activación en las zonas del tronco encefálico, mesencéfalo y cerebelo.

En este sentido, puede decirse que la asimetría funcional cerebral y el fenómeno de lateralización hemisférica, relacionados con el género, se reflejan en el proceso de toma de decisiones de compra, por lo cual esta hipótesis básica **(HB3) se contrasta**.

***HB4.** Independientemente de los fenómenos de asimetría cerebral y lateralización hemisférica, las estructuras cerebrales implicadas en el proceso de toma de decisiones de compra son las mismas dentro de cada uno de los grupos de análisis.*

Con base en la revisión teórica y los resultados del presente estudio, puede decirse que aún teniendo en cuenta las asimetrías cerebrales derivadas del género, el proceso de toma de decisiones de compra presenta un patrón de activación cerebral uniforme a nivel intragenérico. Esto supone que esta hipótesis básica **(HB4) se contrasta**.

***HB5.** Con independencia del género y el tipo de producto, la toma de decisiones de compra involucra estructuras cerebrales propias del procesamiento y regulación de las emociones.*

Numerosas evidencias científicas avalan que el proceso de toma de decisiones involucra estructuras orientadas al procesamiento y regulación de las emociones, sugiriendo que estos dos procesos son capaces de compartir sub-sistemas y estructuras para dar lugar a decisiones óptimas (Damasio, 1996, 2001, 2004. Adolphs, 2001, 2003, Dolan 2002. Liberzon, et al., 2002. O'Doherty, et al., 2002. Dickhaut, et al. 2003. Knutson, et al. 2007. Knutson & Greer, 2008. Knutson & Wu, 2013. Bechara, 2005. Bechara & Damasio, 2005. Tranel, et al. 2005. Davidson, 2006. Padoa-Schioppa & Assad, 2006. Gutnik, et al., 2006. Doya, 2007. Preuschoff, et al., 2008. Fehr, 2009. Kable, & Glimcher, 2009. Johnstone, et al. 2013).

Estas evidencias científicas, se hacen patentes en los resultados obtenidos en el presente estudio, donde se observó la activación de las estructuras cerebrales mencionadas, tanto en la tarea de compra de productos hedónicos, como en la tarea de compra de productos funcionales y para ambos géneros.

Con base en esto, puede concluirse que las múltiples interconexiones neuronales halladas tanto en estudios previos, como en el presente estudio dan fe de la implicación de estructuras cerebrales propias del procesamiento y regulación de las emociones, en el proceso de toma de decisiones, por lo cual esta hipótesis básica **(HB5) se contrasta**.

***HB6.*** *La toma de decisiones de compra involucra las mismas estructuras cerebrales para cada género, con independencia del tipo de producto a comprar.*

Al analizar los resultados de la investigación en lo que se refiere a las diferencias entre hombres y mujeres para cada una de las tareas, se evidenció una mayor activación del Hipocampo en la tarea de compra de productos hedónicos, no observada en la tarea de compra de productos funcionales.

Tal como se señaló en el apartado anterior, este hallazgo resulta consistente con la hipótesis de que las emociones tienen una marcada influencia en el desempeño de la memoria (Damasio, 1996, 2000. Phelps & Anderson, 1997. Phelps, et al., 1998. Phelps, 2004. Rolls, 1998. Nitschke, et al., 2006. Hoag, 2008. Bellace, et al., 2013).

Puede concluirse entonces, que **excluyendo** el patrón de activación del hipocampo asociado al contenido emocional de la tarea de compra de productos hedónicos, hallado en esta investigación, y teniendo en cuenta las asimetrías cerebrales derivadas del género, puede decirse que el proceso de toma de decisiones de compra involucra las mismas estructuras cerebrales para cada género.

En este sentido, puede decirse que esta hipótesis básica **(HB6) se contrasta parcialmente**.

Así las cosas y en concordancia con la regla de inferencia del *Modus Tollens*, según la cual:

- Si P implica que Q, si no es el caso de Q, entonces no P, con lo cual hay Falsación y
- Si P implica que Q y si es el caso de Q, entonces P, con lo cual hay Contrastación.

$$P \rightarrow Q, \neg Q \vdash \neg P$$

Entonces, puede considerarse que estando las hipótesis básicas contrastadas, la hipótesis teórica igualmente se contrasta.

En este sentido y para efectos prácticos, puede decirse que una vez contrastadas las hipótesis básicas planteadas, el presente estudio puede validar que:

***Las diferencias fisiológicas y morfológicas cerebrales entre hombres y mujeres tienen decidida influencia en los patrones de activación neuronal asociados al proceso de toma de decisiones de compra.***

***No obstante, independientemente de estas diferencias y del tipo de producto a comprar, la toma de decisiones de compra involucra estructuras cerebrales relacionadas con el procesamiento y regulación de las emociones.***



## 5.3 CONCLUSIONES OBTENIDAS

### 5.3.1 CONCLUSIONES TEÓRICAS

Desde épocas antiguas, el fenómeno de la elección ha sido objeto de estudio. Incontables teorías se han enunciado, analizando las diferentes variables que inciden en el proceso de decisión e intentando dilucidar cuál es la forma en la que los sujetos se decantan por una u otra opción de entre las alternativas disponibles.

Así las cosas, no hay duda de que la toma de decisiones resulta ser una materia extensa, rica y variada (Buchanan & O'Connell, 2006) y por esto mismo compleja y difícil de abordar.

Con base en la revisión teórica realizada, puede decirse que la toma de decisiones se divide en dos etapas. La primera, que se denominará clásica, alberga todo el cuerpo teórico de la materia y enmarca los teoremas y postulados enunciados desde Platón hasta finales del siglo XX.

Durante esta etapa, los teóricos de la materia se debatieron entre un sujeto racional y calculador, cuyas decisiones servían al único propósito de maximizar su utilidad (Bernoulli, 1738. Neumann & Morgenstern, 2007. Simon, 1955) y un individuo más práctico, subjetivo y orientado a tomar atajos para hacer de decisiones complejas tareas más fáciles (Kanheman & Tversky, 1979, 1984. Damasio, 1996, 2000, 2004. Gigerenzer & Todd 1999).

Mucho se habló de decisiones en este tiempo, de las variables determinantes para el proceso, de sus etapas y de los diferentes métodos para ejecutar el proceso (Codorcet, 1873. Dewey, 1910. Brim, 1962. Mintzberg, 1976), sin embargo, fue sólo hasta finales del siglo XX cuando se empezó a incorporar la idea de que las emociones podrían tener un papel importante en la toma de decisiones y que este proceso podría ser más que un cálculo objetivo de utilidades, el resultado de un

proceso consensuado entre la emoción y la razón (Damasio, 1996, 2000, 2004. Dolan, 2002. Bechara, 2005. Tranel, et al. 2005. Rolls, 2014).

La integración de esta idea en las investigaciones sobre la toma de decisiones, junto con la aplicación de técnicas de Neurociencia a la investigación de fenómenos no relacionados con patologías clínicas, marca el inicio de la segunda etapa de la que se habló previamente, a la que se denominará etapa moderna.

Hasta ahora, las emociones se estudiaban con cierto reparo, objetando su “ambigüedad” y la imposibilidad para ser medidas con objetividad. (Moltó, et al., 1999).

Gracias a los avances tecnológicos, en esta etapa moderna, se cuenta con herramientas de exploración neurológica cada vez menos invasivas, más precisas y con mejor resolución visual y temporal (Goldstein, 2001. Roman, et al., 2010), que prometen dar objetividad y rigor científico a hallazgos teóricos hasta ahora imposibles de validar.

Tal es el caso de la Resonancia Magnética Funcional, considerada una revolución en el estudio de la actividad cerebral, no sólo por su resolución espacial, muy superior a la de técnicas funcionales precedentes, sino porque tratarse de una técnica inocua, característica fundamental cuando al considerarse como método de investigación (Maestú, et al., 2008. Dimoka, 2010).

Gracias a la aparición de estas tecnologías y con la venia de la Neurociencia, nacen diferentes disciplinas como el Neuromarketing o la Neuroeconomía, que se sirven de las herramientas y bases teóricas de la neurología y la psicología para entender los fenómenos más cruciales de sus materias, entre estos la toma de decisiones.

En este contexto, estas nuevas disciplinas, pronto se plantean desgranar los sustratos neurales de la elección y analizar desde el punto de vista neurológico las variables determinantes de la misma.

En el devenir científico de esta etapa moderna, se identifican diversas estructuras cerebrales implicadas en el proceso de decisión y se analiza el funcionamiento

cerebral ante decisiones en diverso tipo de escenarios y en presencia de variables controlables y no controlables.

No obstante, el hallazgo más importante de esta etapa es sin duda la contrastación de que este proceso, involucra no sólo estructuras propias de procesos ejecutivos, relacionadas con la valoración objetiva de las alternativas disponibles, sino que también implica estructuras propias del procesamiento y la regulación de las emociones (Doya, 2008. Poldrack, 2006. Tom, et al., 2007. Knutson, et al., 2007. Fehr, 2009. Johnstone, et al., 2013).

Investigaciones previamente realizadas, han encontrado que estructuras propias de procesos ejecutivos como la Corteza Prefrontal (Orbital, ventromedial y Dorsolateral) o la Corteza Cingulada Anterior, trabajan conjuntamente con estructuras tradicionalmente asociadas a procesos emocionales, como el Estriado y la Amígdala, para dar lugar a una decisión que integra valoraciones tanto cognitivas como emocionales del individuo. (Knutson, et al., 2008. Doya, 2007. Poldrack, et al., 2007. Tom, et al., 2007. Preuschoff, et al., 2008. Kable & Glimcher 2009. Johnstone, et al., 2013).

En otras palabras, tal como señala Damasio, la emoción bien dirigida y desplegada parece ser un sistema de apoyo sin el que el edificio de la razón no puede funcionar correctamente (Damasio, 2000) y aunque las emociones no sustituyen a la razón ni son capaces de decidir por los individuos (Damasio, 1996), se posicionan como un elemento fundamental del proceso de elección (Bechara & Damasio, 2005).

Con base en estos hallazgos, se plantea la hipótesis del presente estudio, cuyo objetivo se centra en identificar y analizar las diferencias fisiológicas y morfológicas cerebrales entre hombres y mujeres en el proceso de toma de decisiones de compra.

Para tal efecto, haciendo uso de la Resonancia Magnética, herramienta ideal para la localización tridimensional de los centros de procesamiento del cerebro humano. (Orrison, 2001), se encontró que no sólo hay diferencias entre hombres y mujeres en lo que a toma de decisiones se refiere, sino que además pudo validarse la presencia de estructuras propias del “sistema emocional” involucradas en el proceso.

En este sentido, desde el punto de vista teórico, la principal conclusión del presente estudio se orienta a la observación de que hombres y mujeres procesan las emociones de forma diferente (Lee, et al., 2002) y que como el mismo Damasio (2005) señala, hombres y mujeres usan diferentes estrategias para solucionar problemas similares (Van den Boss, et al., 2013), diferencias éstas que reflejan la asimetría y diferencias neurobiológicas relacionadas con el género. (Tranel, et al., 2005).

De estas diferencias da cuenta el presente estudio, cuyos resultados muestran la influencia del dimorfismo cerebral y los fenómenos de asimetría y lateralización hemisférica en el procesamiento de las emociones y la toma de decisiones de compra, identificando diferencias sustanciales en la intensidad y dimensión de la activación cerebral entre hombres y mujeres.

Del mismo modo, la presente investigación, valida las teorías relacionadas con la influencia de las emociones en el proceso de toma de decisiones, a la vez que encuentra una decidida influencia de los estímulos emocionales en los procesos de memoria y atención.

Finalmente, puede decirse que si bien las diferencias nos hacen únicos, también nos unen. Hombres y mujeres presentan diferencias que parecen distanciarles de la forma en que abordan diversas situaciones, sin embargo, a nivel neurobiológico, en lo que respecta a la toma de decisiones las diferencias se desdibujan y parecen reunirles en un camino que recorre los mismos territorios.

Quedan aún por descifrar muchas incógnitas en relación con el comportamiento del consumidor, sin embargo, el futuro se presenta promisorio y la aplicación de técnicas de neurociencia a la investigación de marketing con seguridad contribuirá con hallazgos que abrirán las puertas a nuevas y más eficaces maneras de abordar los paradigmas del marketing.

### 5.3.2 CONCLUSIONES EMPÍRICAS

Tal como se mencionó en el apartado anterior, una de las más importantes conclusiones del presente estudio, es el hallazgo de la implicación de estructuras propias del procesamiento y regulación de las emociones en el proceso de toma de decisiones.

De acuerdo con Damasio (1996), las emociones pueden influir de forma demostrable en la toma de decisiones al actuar como un sistema de calificación automática de predicciones que actúa para evaluar los supuestos del futuro anticipado de los individuos.

No obstante, la influencia de las emociones no se restringe a las decisiones. Las emociones tienen influencia en otros procesos cognitivos como la memoria, la atención y el lenguaje. (Bagozzi, et al., 1999). Por esto, resulta de gran trascendencia para el marketing indagar más allá de la forma en que los consumidores eligen los productos que compran, en la forma en que las emociones pueden llegar a influir en otros fenómenos del marketing.

Así las cosas, en relación con la influencia de las emociones en los diferentes procesos ligados con la toma de decisiones, puede hablarse de las siguientes conclusiones:

- 1. Las emociones afectan la forma en la que los consumidores procesan la información, al tomar decisiones de compra.*

Diversas investigaciones realizadas, sugieren que los individuos dan un valor subjetivo a las alternativas asociadas a una decisión, evaluando tanto los aspectos negativos, como los aspectos positivos de las mismas, esto es, calculando perdidas y ganancias. (Doya, 2007. Preuschoff, et al. 2008. Kable & Glimcher, 2009).

El Estriado (Caudado + Putamen+ Núcleo Accumbens), es el “locus” donde el valor de la recompensa es codificado en primer lugar en el cerebro. (Doya, 2007) y ante

previsión de pérdidas, son la amígdala y la ínsula, estructuras cerebrales asociadas con el procesamiento de emociones negativas, quienes hacen su aparición (Tom, et al., 2007). Estas valoraciones son luego integradas al proceso a través de la Corteza Prefrontal Ventro-medial y Orbital, para dar lugar a la decisión.

Además de estas, otras estructuras participan en el proceso, no obstante, lo importante es comprender que la toma de decisiones se lleva a cabo en presencia de valoraciones subjetivas derivadas en gran parte de experiencias previas del sujeto, que dada su carga emocional han sido capaces de generar un “marcador somático” que le permite anticipar una respuesta positiva o negativa.

Esto es, que las emociones relacionadas con las preferencias del individuo, modifican el valor de las alternativas disponibles al ser capaces de incidir en la valoración de sus atributos, fijando lo que Kanheman & Tversky (1984), denominaron punto subjetivo de referencia. De esta forma, las experiencias del sujeto, resultan determinantes puesto que de ellas se deriva la respuesta ante estímulos futuros.

Estos hallazgos, sugieren que cualquier contacto con el consumidor que suponga un impacto emocional para este, puede derivar en una representación disposicional capaz de influir en sus decisiones posteriores.

Así las cosas, las emociones se presentan como una herramienta de marketing, que correctamente usada puede inclinar la balanza hacia decisiones favorables para las marcas.

## *II. Las emociones tienen decidida influencia en los procesos de memoria.*

Las emociones facilitan el funcionamiento de la memoria episódica lo cual ayuda a un mejor almacenamiento de los detalles de acontecimientos con carga emocional. (Rolls, 2014)

Del mismo modo, las emociones facilitan la evocación de recuerdos almacenadas en representaciones neocorticales. Proyecciones desde la amígdala hacia la corteza

podrían realizarse de forma análoga en que el hipocampo permite la recuperación en el neocortex de los últimos recuerdos episódicos (Rolls, 1998).

En esta misma línea, los resultados del presente estudio sugieren la activación de estructuras cerebrales asociadas con la memoria (Hipocampo), en las tareas de compra de productos con contenido emocional.

Este hallazgo, es de gran importancia para el marketing, puesto que sugiere que aquellos estímulos con contenido emocional, son almacenados y posteriormente recuperados con mayor facilidad que estímulos poco relacionados con emociones.

En este sentido y en consonancia con el punto anterior, puede decirse que las emociones podrían ser una herramienta que facilite la conexión del consumidor con sus marcas y consiga un mayor recuerdo de las mismas.

*III. Los consumidores tienen sentimientos anticipadores que no sólo generan una actividad neurológica con una marcada correlación experiencial, sino que motivan sus comportamientos.*

El sentimiento anticipador se refiere al estado emocional que las personas experimentan mientras anticipan resultados significativos. (Knutson & Greer, 2008).

Estudios realizados con técnicas de neuroimagen, han identificado los circuitos neuronales que apoyan la experiencia emocional, evidenciando la existencia de un sentimiento anticipador, capaz de influir en la forma en que se hace un juicio interno que posteriormente conduce a una decisión. (Knutson, et al. 2007. Knutson & Wu, 2013).

De acuerdo con Damasio, una vez las emociones se han experimentado al menos una vez, es posible formar representaciones de estas experiencias emocionales en las cortezas somatosensoriales y almacenarlas generando aprendizaje. Aprendizaje este que actúa como un “bucle como si”, anticipando los resultados de la decisión. (Bechara, 2004. Bechara & Damasio, 2005).

Los resultados del presente estudio, han evidenciado la implicación de las estructuras señaladas por Knutson en su “Teoría del Sentimiento Anticipador” y de Damasio en lo que se refiere al “bucle como sí”, subrayando que es de vital importancia proveer al consumidor experiencias emocionales que generen aprendizajes positivos capaces de influir en decisiones posteriores.

Los hallazgos del presente estudio respaldan la importancia de contar con estrategias de Customer Experience que promuevan el posicionamiento positivo de marcas y productos en la mente del consumidor y contribuyan con sentimientos anticipadores favorables en el momento de la elección.

Del mismo modo, puede concluirse que:

*IV. Las diferencias morfológicas cerebrales entre hombres y mujeres definen la forma en que hombres y mujeres abordan las decisiones de compra.*

Como ya se mencionó, hombres y mujeres procesan las emociones de forma diferente (Lee, et al., 2002) y usan diferentes estrategias para solucionar problemas similares (Damasio, 2005. Van den Boss, et al., 2013). Estas diferencias, reflejan la asimetría y diferencias neurobiológicas relacionadas con el género. (Tranel, et al., 2005).

El presente estudio de investigación revela evidencias en relación con las diferencias de género en el proceso de compra, que no sólo se circunscriben a diferencias de volúmenes y dimensión de las estructuras cerebrales y de intensidad de su activación cerebral, sino que sugieren una mayor interconexión hemisférica en las mujeres y una mayor lateralización hemisférica en los hombres.

Estas diferencias sugieren que si bien las estructuras implicadas en la toma de decisiones de compra son las mismas en ambos géneros, sus diferencias de activación podrían relacionarse con la forma en que los individuos de cada género abordan las decisiones.



En este sentido, podría afirmarse que mientras los hombres optan por visiones holísticas y estrategias de carácter global, las mujeres se inclinan por estrategias más analíticas (Van den Boss, et al., 2013).

Estos hallazgos resultan útiles en el ámbito del marketing, puesto que sólo entendiendo la forma en que los consumidores abordan el fenómeno de la elección, podrán diseñarse estrategias eficaces, a todos los niveles, para conseguir un contacto efectivo y duradero con ellos.

Finalmente, puede concluirse que:

*V. Las técnicas de Neuromarketing permiten medir el impacto de las emociones en los consumidores haciendo posible analizar la influencia de las mismas en otros procesos de marketing como la preferencia, la lealtad o la prescripción.*

A lo largo del siglo XX, las emociones en la toma de decisiones fueron estudiadas tangencialmente aduciendo ambigüedad y dificultades para conseguir una medición objetiva de las mismas. (Moltó, et al., 1999).

Con el advenimiento de técnicas más modernas y precisas de exploración neurológicas, se ha podido conseguir una medición más objetiva de las emociones y de su impacto en los consumidores. (Ariely & Berns, 2010).

El presente estudio da cuenta de la utilidad de la Resonancia Magnética Funcional en la identificación de estructuras cerebrales asociadas a procesos tanto de corte ejecutivo, como de corte emocional y otros estudios, basados en técnicas como la Electroencefalografía, dan testimonio de la medición del impacto de estímulos emocionales en los consumidores.

Así las cosas, puede concluirse que el Neuromarketing ha llegado para quedarse y que las técnicas de exploración neurocientífica han de dar lugar a mediciones cada vez más precisas de las emociones y con ello de los fenómenos en los que éstas se implican, propiciando un mejor conocimiento del consumidor y con ello la posibilidad de contar con estrategias de marketing cada vez mejor orientadas y más eficaces.

## 5.4 APORTACIONES AL ÁREA DEL MARKETING

*Construir una relación duradera y cercana con el consumidor, trasciende el hecho de desarrollar un buen producto o contar con una estrategia de precios competitiva (Kolar, 2014). Para conectar con eficiencia con los consumidores es preciso contar con una estrategia de valor que les involucre con la marca en una forma emocional (Kotler, 2007).*

Esta premisa recoge la principal conclusión del presente estudio, en el cual se subraya la importancia de las emociones en el proceso de toma de decisiones.

Tanto la base teórica del Neuromarketing, como su evidencia científica, dan cuenta de que las emociones pueden influir de forma demostrable en la toma de decisiones al actuar como un sistema de calificación automática de predicciones que actúa para evaluar los supuestos del futuro anticipado de los individuos (Bechara & Damasio, 2005).

Así mismo, se ha evidenciado la existencia de un sentimiento anticipador, capaz de influir en la forma en que se hace un juicio interno que posteriormente conduce a una decisión. (Knutson, et al. 2007. Knutson & Wu, 2013).

Estos hallazgos, sugieren que las experiencias emocionales, podrían ser capaces de generar en los consumidores, representaciones que influirían en los juicios de valor de las opciones disponibles a tener en cuenta en el momento de la elección y por tanto, podrían reflejarse en todas y cada una de las variables del marketing mix, como se expondrá a continuación:

### **PRODUCTO.**

De acuerdo con la definición de Kotler (2007), producto es cualquier cosa que pueda ser ofrecida a un mercado, para su adquisición, uso o consumo, que sea capaz de suplir una necesidad o deseo (Kotler, 2007), de un consumidor.

El producto, es considerado el centro de la estrategia de marketing y para optimizar esta variable es preciso entender porqué los consumidores compran un producto y porque lo usan en la forma en que lo hacen. (Kolar, 204).

Es necesario comprender que los consumidores no compran un producto, sino lo que éste representa para ellos (Ariely & Norton, 2009). Se ha probado científicamente que las estructuras relacionadas con el circuito de recompensa presentan una mayor activación ante productos considerados símbolos de estatus para un grupo con patrones culturales similares (Hubert & Kenning, 2008) y es un hecho, que los atributos físicos de los productos activan conceptos mentales (Erk et al., 2002), que son tenidos en cuenta en los juicios subjetivos que forman parte de la elección.

En este sentido, con base en los hallazgos del presente estudio, puede decirse que en el contexto de la toma de decisiones es necesario que los atributos del producto sean capaces de apelar a marcadores emocionales positivos del consumidor y de no ser así, que sean capaces de crear en su mente representaciones positivas que influyan de forma favorable en el proceso de decisión.

## **PRECIO.**

El precio, es una variable que determina la disposición de compra del consumidor. Desde el punto de vista del neuromarketing, un precio alto es visto desde dos puntos. Por una lado, puede ser interpretado como una pérdida para el consumidor y por otro, puede ser visto como una representación de la alta calidad del producto (Kolar, 2014).

Aunque se han adelantado numerosos estudios en relación con el precio, el más concluyente es el realizado por Knutson (2007), en el que se evidenció una activación de la ínsula relacionada con la percepción de pérdidas, lo cual ha provisto de una señal indicativa del efecto negativo del precio. (Knutson, et al. 2007).

Del mismo modo, resulta interesante mencionar los estudios de Hofstetter y Miller (2009), quienes aseguran que la disposición de un consumidor a pagar un precio determinado por un producto, se relaciona con el contexto particular del consumidor. Al respecto señala Scheier (2010), que los consumidores pagan por alcanzar una meta y

que la disposición para pagar un precio aumenta en la misma medida en que la relevancia de la meta lo hace en la mente del consumidor. (Scheier, et al. 2010).

Así las cosas, es posible neutralizar el “efecto pérdida” del precio, mediante un aumento en la relevancia del concepto asociado al producto y la mejor forma de conseguirlo es recurrir al factor emocional, dado que como ya se ha mencionado, el consumidor no es un sujeto puramente racional y sus emociones son capaces de influir en sus decisiones (Johnstone, et al. 2013).

Los hallazgos de la presente investigación dan cuenta de que las decisiones son el resultado de un proceso integrador de las valoraciones del individuo en relación con las alternativas de decisión disponibles. Por lo cual, la modificación de una de estas valoraciones o la introducción de una nueva capaz de neutralizar el valor de las existentes, resultará en una modificación de la elección final.

Así pues, conocer el alcance de las emociones en el contexto de la toma de decisiones, resulta de gran utilidad para el marketing, puesto que entendiendo la forma en que éstas influyen en la elección será posible modificar / crear conceptos del consumidor, en relación con variables como el precio.

### ***DISTRIBUCIÓN.***

La forma en que se dispone un producto para su compra resulta fundamental para la elección de consumo. A este respecto, desde el punto de vista del Neuromarketing, se ha determinado que el Efecto “Framing”<sup>2</sup>, constituye uno de los principales sesgos en la decisión y que sus principales determinantes se derivan de estímulos emocionales y/o subconscientes (Hubert & Kenning, 2008).

Una correcta disposición del producto en un lineal o tienda puede atraer la atención del consumidor, pero también puede constituirse en un sesgo cognitivo para él y modificar su elección final. Por lo cual, nuevamente y con base en los hallazgos de esta investigación, puede decirse que mediante estímulos emocionales, conscientes y/o

---

<sup>2</sup> El “Framing Effect” o Efecto “Framing”, es un ejemplo de sesgo cognitivo, según el cual los individuos reaccionan a una elección particular de diferentes maneras dependiendo de la forma en que ésta sea presentada.

inconscientes, es posible modificar conceptos del consumidor en relación con el producto y en lo que respecta a la disposición del producto la forma en que este se presenta al consumidor resultará determinante en la elección final.

### **COMUNICACIÓN.**

A este respecto, las evidencias de estudios de Neuromarketing señalan que el éxito de las estrategias de comunicación radica en conseguir una alianza intuitiva entre las características del producto y las metas implícitas del consumidor. (Scheier et al., 2010).

La comunicación debe ser capaz de apelar de forma indirecta a experiencias significativas para el consumidor. Investigadores señalan que gran parte de las decisiones de compra son controladas por señales implícitas, propias del sistema inconsciente y que la mejor forma de alcanzar este sistema son los estímulos de contenido emocional y las asociaciones no verbales. (Häusel, 2014).

De esta forma, tal como señala el presente estudio, se hace patente la importancia de las emociones para conseguir una asociación del mensaje con experiencias positivas del consumidor que a la larga contribuirán con la creación de los juicios positivos que se tomarán cuenta en el momento de la decisión.

### **MARCA.**

Para complementar las variables anteriores, es preciso hablar de la marca, de la cual Plassmann (2012), señala que involucra cuatro procesos a nivel neuronal: I. El reconocimiento de la marca, que implica estructuras de orden visual. II. La predicción de valor de la marca, en la cual se integran las creencias del consumidor en relación con el valor de las experiencias que ésta es capaz de proveerle. III. La experiencia del valor de la marca, entendida como la integración de la valencia y la intensidad de la experiencia de consumo, y IV. El recuerdo del valor de la marca. (Plassmann et al., 2012).

En cada una de estas cuatro etapas, las emociones juegan un papel de gran importancia, puesto que tal como señala Damasio, las experiencias emocionales son capaces de crear [en el consumidor], representaciones disposicionales que se almacenarán en la memoria y se tendrán en cuenta en el momento de la decisión (Damasio, 2000).

Proveer experiencias de valor para el consumidor supone la posibilidad de que éste cree un concepto positivo en torno a la marca. Concepto este que se tendrá en cuenta en una posterior predicción de valor y que incidirá en el recuerdo y la elección de la marca.

En resumen, tal como se evidencia en la revisión teórica y en las conclusiones del presente estudio, las emociones se presentan como una herramienta de gran utilidad para la construcción de conceptos en relación con las variables asociadas a la decisión de compra. Producto, Precio, Distribución, Comunicación y Marca son solo algunas de las variables implicadas en el proceso que pueden modificarse o construirse a partir de las emociones.

Aunque el estudio en relación con estas variables aún es incipiente, es un hecho científico, que las emociones juegan un papel preponderante en el contexto del marketing, puesto que como se expuso anteriormente, son capaces de incidir en la valoración de los atributos de las alternativas de elección disponibles, fijando lo que Kanhehman & Tversky (1984), denominaron punto subjetivo de referencia, determinante en elecciones posteriores.

De otra parte, es de señalar que los hallazgos del presente estudio apuntan la importancia de las emociones en los procesos memoria, en línea con los estudios de Rolls (2004), para quien las emociones facilitan el funcionamiento de la memoria episódica lo cual ayuda a un mejor almacenamiento de los detalles de acontecimientos con carga emocional. (Rolls, 2014)

Desde el punto de vista del marketing, este hallazgo sugiere que los estímulos con contenido emocional, son almacenados y posteriormente recuperados con mayor facilidad que estímulos poco relacionados con emociones. Por lo cual, puede decirse

que las emociones podrían ser una herramienta que posibilita la conexión del consumidor con sus marcas y facilita el recuerdo de las mismas.

Finalmente, debe apuntarse que los hallazgos del presente estudio evidencian la influencia de las diferencias morfológicas y funcionales entre hombres y mujeres en el proceso de toma de decisiones.

Los hallazgos apuntan a una mayor conexión interhemisférica en mujeres, que posibilitaría la ejecución de procesos con mayor implicación bihemisférica, propios del procesamiento analítico y secuencial, en contraste con una mayor lateralización en hombres, indicativa de una mayor capacidad de ejecución de tareas localizadas en un solo hemisferio tales como las que implican percepción y acción coordinada.

A este respecto, en lo que se refiere al marketing, puede decirse que hombres y mujeres procesan las emociones de forma diferente (Lee, et al., 2002) y usan diferentes estrategias para solucionar problemas similares (Damasio, 2005. Van den Boss, et al., 2013). Estas diferencias, reflejan la asimetría y diferencias neurobiológicas relacionadas con el género. (Tranel, et al., 2005).

Por tanto, este estudio resulta una evidencia de la necesidad de diseñar estrategias de marketing que tengan en cuenta las diferencias funcionales a nivel cerebral derivadas del género.

Para concluir, bien vale la pena señalar que el Neuromarketing, estudia el comportamiento del consumidor y dentro de este, el proceso fundamental es la decisión de compra. Los hallazgos hasta ahora provistos por esta disciplina contribuyen con una mejor comprensión del consumidor, lo cual supone un avance para el marketing, puesto que sólo entendiendo la forma en que los consumidores abordan el fenómeno de la elección, podrán diseñarse estrategias eficaces, a todos los niveles, para conseguir relaciones duraderas y de largo plazo.

## 5.5 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La principal limitación de los estudios realizados con FMRI se centra en el alto coste que supone el uso de esta tecnología. No obstante, aunque este hecho retrasara un poco la investigación, debe agradecerse especialmente, a la Liga Profesional de Fútbol de España, que a través de su Cátedra en el Departamento de Investigación y Comercialización de Mercado de la Universidad Complutense de Madrid financió las investigaciones tanto con hombres como con mujeres en las que se basa el presente estudio.

En cuanto a las limitaciones de orden técnico, puede decirse que la principal limitación de los estudios con FMRI, se orienta al fenómeno de la imposibilidad de asignar una única tarea a un área determinada del cerebro, dado que se ha encontrado que un área puede asociarse a diverso tipo de procesos.

Esto es lo que Poldrack, señala como el problema de la “Inferencia Inversa” (*Reverse Inference*), señalando que resulta poco ortodoxo asociar una función a un área particular del cerebro sólo por atisbar una mayor activación relativa de la misma y es la razón, señala el autor, por la cual es preciso adelantar un análisis paramétrico de modulación en el que se compare las instancias asociadas a la misma tarea que sistemáticamente varían en una dimensión. (Poldrack, 2006).

En otras palabras, en un estudio FMRI, puede afirmarse que el desempeño de una tarea específica puede derivar en la activación de una estructura cerebral, sin embargo, resulta poco ortodoxo inferir que dado que cierta estructura cerebral se ha activado, el sujeto está realizando o realizará cierta tarea previamente asociada con la estructura.

Del mismo modo, se presentan otras limitaciones técnicas como la imposibilidad para simular un escenario de compra real, dadas las limitaciones de la aparatología necesaria para la exploración cerebral y el desarrollo de la investigación en un entorno médico que podría condicionar las actitudes de los sujetos experimentales.



En lo que respecta al diseño experimental, hubiera sido deseable que los experimentos en hombres y en mujeres se hubieran realizado con coincidencia temporal ya que la diferencia en el tiempo (5 años), tuvo influencia en algunos procesos como la metodología usada para la selección de los productos a incluir en cada una de las pruebas, que no resultó ser la misma.

No obstante, este escollo fue superado y puede decirse que la principal limitación del estudio, se centra en el perfil de la muestra (centrado en hombre y mujeres entre 30 y 45 años), que limita la generalización de los resultados de la investigación.

## 5.6 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio, deja abiertas varias líneas de investigación para el futuro, entre estas, valdría la pena profundizar en la incidencia del contenido emocional de estímulos y/o productos en el desempeño de procesos más específicos relacionados con la memoria del consumidor (vg. almacenamiento, recuperación, aprendizaje, etc)

Así mismo, sería de gran interés investigar la relación entre la carga emocional de los estímulos, su valoración individual y su capacidad para influenciar decisiones posteriores.

Dado que para las investigaciones en las que se basa el presente estudio se hizo una generalización de las preferencias y del contenido emocional de los productos, sería igualmente interesante replicar el estudio basándose en patrones individuales de preferencia, emocionalidad e implicación, con el fin de identificar si los rasgos individuales podrían modificar los patrones de toma de decisiones hallados de forma colectiva.

De otra parte, estudios realizados demuestran que el hipocampo es más grande en hembras que en varones, contrariamente a la amígdala. Este hecho sumado a la mayor amplitud del cuerpo calloso y de la comisura anterior en el cerebro femenino ha proporcionado la base para atribuir a las mujeres una mayor comprensión para el juicio de las emociones, ya que es precisamente la comisura anterior la que une regiones del sistema límbico. (Goldstein, 2001).

En este sentido, sería de gran interés investigar si esta cualidad en las mujeres les permite ser más rápidas en el procesamiento de las emociones, para lo cual sería necesario investigar los patrones de temporalidad de este fenómeno.

Del mismo modo, se ha encontrado que aunque la toma de decisiones involucre un sistema neuronal similar para hombres y mujeres, conformado por las mismas estructuras cerebrales, estímulos positivos y negativos revelan diferentes activaciones

corticales (Habel, et al., 2005), por lo cual sería interesante poder identificar estas diferencias de activación por género.

Sería igualmente interesante, continuar las investigaciones en relación con la toma de decisiones de compra, integrando las diferentes variables que pueden condicionar el comportamiento del consumidor (riesgo, incertidumbre, disponibilidad del producto, entre otras), así como los diferentes perfiles de consumidor que pueden hallarse en el mercado.

Finalmente, valdría la pena profundizar en la influencia específica de las emociones en los diferentes componentes del marketing mix.

## **CAPÍTULO VI.**

### **BIBLIOGRAFÍA**

Adolphs, R. (2002) Neural systems for recognizing emotion. *Current Opinion in Neurobiology*. Volumen 12. Páginas 169-177.

Adolphs, R. Tranel, D. Hamann, S. Young, A. Calder, A. Phelps, E. Anderson, A. Lee, G. Damasio, A. (1999). Recognition of facial emotion in nine individuals with bilateral amygdala damage. *Neuropsychologia*. No. 37. Páginas 1111-1117

Afifi, AK. Bergman, R. *Neuroanatomía Funcional* (2006). Segunda Edición. Mc-Graw Hill Interamericana. México.

Ambler, T. Stins, J. Braeutigam, S. Rose, S. Swithenby, S. (2004). Salience and Choice: Neural correlates of shopping decisions. *Psychology & Marketing* 21. Páginas 247–266.

Anderson, A. Phelps, E. (2000). Perceiving emotion: More than meets the eye. *Current Biology*. Volumen 10. No. 15. Páginas R551-R554

Anderson, A. (2005) Affective influences on the attentional dynamics supporting awareness. *Journal of Experimental Psychology: General* 134(2). Páginas 258 - 281.

Alvarez del Blanco, R. (2011) *Neuromarketing, fusión perfecta*. Editorial Prentice Hall. España.

Amaro, E. Barker, G. (2006). Study design in fMRI: basic principles. *Brain & Cognition* 60(3). Páginas 220 - 232.

Amedi, A. Raz, N. Pianka, P. Malach, R. Zohary, E. (2003) Early 'visual' cortex activation correlates with superior verbal memory performance in the blind. *Nature Neuroscience* 6. Páginas 758 - 766.

Andrade, E. Cohe, J. (2007) On Consumption of Negative Feelings. *Journal of Consumer Research*. No. 34. Páginas 283 – 300.

Arellano, R. Rivera, J. Molero, V. (2000). *Conducta del consumidor: estrategias y tácticas aplicadas al marketing*. ESIC Editorial, 2000. España.

Ariely, D. Berns, G. (2010). Neuromarketing: the hope and hype of neuroimaging in business. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(4). Páginas 284 - 292.

Ariely, D., & Norton, M. I. (2009). How Concepts Affect Consumption. *harvard business review*. Junio.

Armel, K. Rangel, A. (2008) Neuroeconomic Models of Economic Decision Making. *American Economic Review*. Volumen 98. No. 2. Páginas 163 – 168.

Armel, K. Beaumel, A. Rangel, A. (2008) Biasing simple choices by manipulating relative visual attention. *Judgment and Decision Making*. Volumen 3. No. 5. Páginas 396 – 403.

Armel, C. Rangel, A. (2008) The impact of computation time and experience on decision values. *American Economic Review Papers and Proceedings*. Volumen 98. Número 2. Páginas 163 – 168.

Armony, J. Trejo-Martínez, D. Hernández, D. (2012). Resonancia Magnética Funcional (RMf): Principios y aplicaciones en Neuropsicología y Neurociencias Cognitivas. *Revista Neuropsicología Latinoamericana*. Volumen 4. No. 2. Páginas 36 - 50.

Arslan, O. (2014). *Neuroanatomical Basis of Clinical Neurology*, Second Edition. CRC Press. Estados Unidos.

Assael, H. (1999). *Comportamiento del Consumidor*. Sexta Edición. Editorial Thomson. México.

Aumman, R. (1997) Rationality and Bounded Rationality. *Games and Economics Behavior*. No. 21. Páginas 2 – 14.

Baas, D. Aleman, A. Kahn, R. (2004). Lateralization of amygdala activation: a systematic review of functional neuroimaging studies. *Brain Research Reviews*, 45(2). Páginas 96 - 103.

Bagozzi, R. Gopinath, M. Prashanth, N. (1999) The Role of Emotions in Marketing. Journal of the Academy of Marketing Science. Volumen 27. No. 2. Páginas 184 – 206.

Balleine, B. Leung, B. Ostlund, S. (2011). The orbitofrontal cortex, predicted value, and choice. Annals of New York Academy of Science 1239. Páginas 43 – 50.

Batra, R. Ahtola, O. (1990). Measuring the Hedonic and Utilitarian Sources of Consumer Attitudes. Marketing Letters 2:2. Páginas 159 - 170.

Barker, R. (2010) Neurociencia en Esquemas. Tercera Edición. Akadia Editorial. Argentina.

Bausela, E. (2005). Aportaciones en el estudio de la asimetría funcional. Revista Complutense de Educación. Volumen 16. Nº 2. Páginas: 571 - 577.

Baxter, L. Mazziotta, J. Phelps, M. Selin, C. Guze, B. Fairbanks, L. (1987). Cerebral glucose metabolic rates in normal human females versus normal males. Psychiatry research, 21(3). Páginas 237 - 245.

Bechara, A. Damasio, A. Damasio, H. (2003). Role of the amygdala in decision-making. Annals of the New York Academy of Sciences 985 (1). Páginas 356 - 369.

Bechara, A. (2004). The role of emotion in decision-making: Evidence from neurological patients with orbitofrontal damage. Brain and Cognition 55. Páginas 30–40.

Bechara, A. Damasio, A. (2005) The Somatic marker hypothesis. A neural theory of economic decision. Games and Economic Behavior. No. 52. Páginas 336 – 372.

Bechara, A. Damasio, A. Damasio, H. Tranel, D. (2005). The Iowa Gambling Task and the somatic marker hypothesis: some questions and answers. Trends in cognitive Sciences 9 (4). Páginas 159 - 162.

Bell, E. Willson, M. Wilman, A. Dave, S. Silverstone, P. (2006). Males and females differ in brain activation during cognitive tasks. NeuroImage 30. Páginas 529 – 538.

Bellace, M. Williams, J. Mohamed, F. Faro, S. (2012). An fMRI study of the activation of the hippocampus by emotional memory. *International Journal of Neuroscience*, 123(2). Páginas 121 - 127.

Benno, G. Frevert, U. (2010). Emotional Styles – Communities and Spaces. Informe de la Conferencia. 22.07.2010 - 24.07.2010. Departamento de Desarrollo Humano. Instituto de Historia de las Emociones. En <http://hsozkult.geschichte.hu-berlin.de/tagungsberichte/id=3275>

Berkman, E. Lieberman, M. (2009) Using Neuroscience to Broaden Emotion Regulation: Theoretical and Methodological Considerations. *Social and Personality Psychology Compass*. No, 3-4. Páginas 475 – 493.

Bernheim, B. Rangel, A. (2008). Beyond revealed preference: choice theoretic foundations for behavioral welfare economics. *Quarterly Journal of Economics*. Volumen 124. Issue 1. Páginas 51 - 104.

Berridge, K. Winkielman, P. (2003) ¿What is an Unconscious Emotion? *Cognition and Emotion*. Volumen 17. No. 2. Páginas 181 – 211.

Bettman, J. (1979). Issues in Research on Consumer Choice. *Advances in Consumer Research*. Volumen 6. Páginas 214 - 217.

Billing, M. *Arguing and Thinking. A Retorical Approach to Social Psychology*. Segunda Edición. Cambridge Press University. Reino Unido.

Blackwell, R. Miniard, P. Engel, J. (2002). *Comportamiento del Consumidor*. Novena Edición. Editorial Thomson Paraninfo. México.

Bolla, K. Eldreth, D. Matochik, J.. Cadet, J. (2004). Sex-related Differences in a Gambling Task and Its Neurological Correlates. *Oxford Journals. Cerebral Cortex* Volumen 14, Issue 11. Páginas 1226 - 1232.



Braidot, N. (2005) Neuromarketing. Neuroeconomía y Negocios. Editorial Puerto Norte-Sur. España.

Bray, S. Rangel, A. Shimojo, S. Balleine, B. O'Doherty, J. (2008) The Neural Mechanisms Underlying the Influence of Pavlovian Cues on Human Decision Making. The Journal of Neuroscience. Volumen 28. No. 22. Páginas 5861 – 5866.

Brickman, G. (1980) Uses of Voice-Pitch Analysis. Journal of Advertising Research. Volumen 20. No. 2. Páginas 69 – 73.

Brim, O. Glass, D. Lavin, D. Goodman, N. (1962) Personality and Decision Processes. Stanford University Press. Estados Unidos.

Briñol, P. Sierra, B. Falces, C. Becerra, A. Froufe, M. (2000) La eficacia relativa del efecto de mera exposición y del condicionamiento clásico en la formación de preferencias. Psicothema. Volumen 12. No. 4. Páginas 586 – 593.

Buchanan, L. O'Connell, A. (2006). A Brief History of Decision Making. Harvard Business Review. Enero. Páginas 32 – 41.

Bunge, M. (1968). La investigación científica. Editorial Ariel. España.

Bustamente, H. (2013). Modelo de toma de decisiones del consumidor de seguros. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, Escuela Ingeniería de la Organización.

Cahill, L. (2005). His Brain, Her Brain. Scientific American Review 292. Páginas 40 - 47.

Cahill, L. (2006). Why sex matters for neuroscience. Nature Reviews - Neuroscience 7. Páginas 477-484.

Canli, T. Desmond, J. Zhao, Z. Gabrieli, J. (2002). Sex differences in the neural basis of emotional memories. Proceedings of the National Academy of Sciences, 99(16). Páginas 10789 - 10794.

Cano-Vindel, A. (1997). Modelos Explicativos de la Emoción. Capítulo 4. En Psicología General. Motivación y Emoción. Editorial Ramón Areces. Madrid. España.

Carlson, J. M., Reinke, K. S., Habib, R. (2009). A left amygdala mediated network for rapid orienting to masked fearful faces. *Neuropsychologia* 47, Páginas 1386–1389.

Cardona, J. Herrera, E. López, J. (2011). Diferenciaciones de género en la toma de decisiones. *Cultura, Educación, Sociedad - CES*. Volumen 2 - No. 1. Páginas 35 - 42.

Carmona, A. Jiménez, J. Catalina, C. (2005) *Anatomía Humana General*. Primera Edición. Universidad de Sevilla.

Carrasco, M. Phelps, E. Ling, S. (2006). Emotion Facilitates Perception and Potentiates the Perceptual Benefits of Attention. *Psychological Science*. Volumen 17. No. 4. Páginas 292-299.

Carretié, L. Mercado, F. Tapia, M. Hinojosa, J. (2001). Emotion, attention, and the 'negativity bias', studied through event-related potentials *International Journal of Psychophysiology* 41 (1). Páginas 75 - 85.

Carter, R. (2002) *El Nuevo Mapa del Cerebro*. Segunda Edición. Editorial Integral. RBA Libros. España.

Chang, L. Yarkoni, T. Khaw, M. Sanfey, A. (2013). Decoding the Role of the Insula in Human Cognition: Functional Parcellation and Large-Scale Reverse Inference. *Cerebral Cortex*. 23(3). Páginas 739 - 49.

Cosgrove, K. Mazure, C. Staley, J. (2007). Evolving Knowledge of Sex Differences in Brain Structure, Function, and Chemistry. *Biological Psychiatry*. Volumen 62, Issue 8, Páginas 847 – 855.

Dagher, A. (2007). Shopping Center in the Brain. *Neuron*. Volumen 53, Issue 1, Páginas 7–8.

Dalgleish, T. (2004) The Emotional Brain. *Nature Reviews – Neuroscience*. Volumen 5. Páginas 582 – 589.

Damasio, A. (1996) *El Error de Descartes*. Editorial Crítica. España.

Damasio, A. (1996) The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences*. 351 (1346). Páginas 1413 – 1420.

Damasio, A. (2000) *The feeling of what happens: body, emotion and the making of consciousness*. Editorial Vintage. Estados Unidos.

Damasio, A. (2004) *Looking for Spinoza: Joy, Sorrow, and the Feeling Brain*. Editorial Harcourt. Estados Unidos.

Davatzikos, C. Resnick, S. (1998). Sex differences in anatomic measures of interhemispheric connectivity: correlations with cognition in women but not in men. *Cerebral Cortex*, 8. Páginas 635-640.

Dawson, M. Schell, A. Courtney, C. (2011) The Skin Conductance Response, Anticipation and Decision Making. *Journal of American Psychological Association*. Volumen 4. No. 2. Páginas 111 – 116.

De Felipe, J. (2014). Análisis del cerebro: Innovación tecnológica y estrategia interdisciplinar. *Cuadernos de Cultura Científica*. Edición Web. Julio 5 de 2014. En <http://www.culturacientifica.com>.

De Martino, B. (2006). Frames, Biases, and Rational Decision-Making in the Human Brain. *Science*. Volumen 313. Página 684 - 687.

Deppe, M. Schwindt, W. Kramer, J. Kugel, H. Plassmann, H. Kenning, P. Ringelstein, E. (2005). Evidence for a neural correlate of a framing effect: bias-specific activity in the ventromedial prefrontal cortex during credibility judgments. *Brain Research Bulletin*, 67. Páginas 413 - 421.

Dhar, R. Wertenbroch, K. (2000). Consumer Choice Between Hedonic and Utilitarian Goods. *Journal of Marketing Research*. Volumen 37. Páginas 60 - 71.

Dickhaut, J. McCabe, K. Nagode, J. Rustichini, A. Smith, K. Pardo, J. (2003). The impact of the certainty context on the process of choice. *Proceeding of the National Academy of Sciences of USA*. Volumen 100 No. 6. Páginas 3536 – 3541.

Didier, J et al. (2001). *¿Qué es el Hombre?* Editorial Taurus. Madrid

Dietrich, T. Krings, T. Neulen, J. Willmes, K. Erberich, S. Thron, A. Sturm, W. (2001). Effects of blood estrogen level on cortical activation patterns during cognitive activation as measured by functional MRI. *Neuroimage*, 13(3). Páginas 425 - 432.

Dimoka, A. (2010). ¿What does the brain tell us about trust and Distrust? Evidence from a functional Neuroimaging study. *Management Information System - MIS Quarterly Journal*. Volumen 34. No. 2. Páginas 373 – 396.

Dodds, C. (2015). *FMRI Paradigm Design*. Department of Psychiatry. School of Clinical Medicine. University of Cambridge.

Dolan, R. (2002). Emotion, cognition, and behavior. *Science*, 298. Páginas 1191-1194.

Domes, G. Schulze, L. Böttger, M. Grossmann, A. Hauenstein, K. Wirtz, P. Heinrichs, M. Herpertz, S. (2010). The neural correlates of sex differences in emotional reactivity and emotion regulation. *Human Brain Map* 31(5). Páginas 758 - 769.

Doya, K. (2008). Modulators of decision making. *Nature Neuroscience*. Volumen 11. No. 4. Páginas 410 - 416.

Edwards, W. (1954). The Theory of Decision Making. *Psychological Bulletin*. Volumen 51. No. 4. Páginas 380 – 417.

Elrod, T. Johnson, R. White, J. (2004) A new integrated model of noncompensatory and compensatory decision strategies. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 95. Páginas 1–19.

Etkin, A. Egner, T. Kalisch, R. (2011). Emotional processing in anterior cingulate and medial prefrontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*. Volumen 15(2) Páginas 85 - 93.

Erk, S. Spitzer, M. Wunderlich, A. Galley, L. Walter, H. (2002). Cultural objects modulate reward circuitry. *Neuroreport*, 13(18). Páginas 2499 - 2503.

Espejo, R. (2014). *Introducción al Análisis Estadístico de Imágenes de Resonancia Magnética Funcional*. Facultad de Ciencias – Universidad de Granada.

Fehr, E. (2009). Social Preferences and the Brain. Chapter 15. En *Neuroeconomic Decision Making and the Brain*. Páginas 215 - 232.

Fellows, L. Farah, M. (2007). The role of ventromedial prefrontal cortex in decision making: judgment under uncertainty or judgment per se?. *Cerebral Cortex* 17(11). Páginas 2669 - 2674.

Fernandez-Tresguerres, J. (2010). *Fisiología Humana*. McGraw-Hill Interamericana. España.

Festinger, L. (1957). *A Theory of Cognitive Dissonance*. Standford University Press. Estados Unidos.

Fishbein, M. Ajzen, I. (2005). The Influence of Attitudes on Behavior. En *The Handbook of Attitudes*. Páginas 173–222.

Fournier, S. (1991). Meaning-based framework for the study of consumer-object relations. *Advances in Consumer Research*, 18. Páginas 736 - 742.

Gaur, S. Herjanto, H. Makkar, M. (2014). Review of emotions research in marketing, 2002–2013. *Journal of Retailing and Consumer Services* No. 21. Páginas 917–923.

Gigerenzer, G. Selten, R. (2002). Bounded Rationality: The Adaptive Toolbox. MIT Press. Estados Unidos.

Gigerenzer, G. Todd, P. (1999). Simple heuristics that make us smart. Oxford University Press, Estados Unidos.

Glimcher, P. Camerer, C. Fehr, E. Poldrack, R. (2009). Neuroeconomics. Decision Making and the Brain. Elsevier. UK.

Goldstein, J. Seidman, L. Horton, N. Makris, N. Kennedy, D. Caviness, V. Faraone, S. Tsuang, M. (2001). Normal sexual dimorphism of the adult human brain assessed by in vivo magnetic resonance imaging. Cerebral Cortex. 11(6). Páginas 490 - 497.

Goldstein, B. (2010). Sensation and Perception. Octava Edición. Wadsworth Cenage Learning. Canadá.

Goy, R. McEwen, B. (1980). Sexual Differentiation of the Brain. MIT Press. Cambridge. EEUU.

Gross, J. (1998). The emerging field of emotion regulation: an integrative review. Review of General Psychology, 2(3), 271-99.

Gross, J. (1999). Emotion regulation: Past, present, future. Cognition & Emotion. No. 13. Páginas 551–573.

Gross, J. (2008) Emotion Regulation. En Handbook of Emotions. Tercera Edición. Estados Unidos.

Gross, J. (2013). Emotion Regulation: Taking Stock and Moving Forward. Emotion Volumen 13, No. 3. Páginas 359 - 365.

Grosenick, L. Greer, S. Knutson, B. (2008) Interpretable Classifiers for fMRI Improve Prediction of Purchases. IEEE - Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering. Volume 16. No. 6. Páginas 539 – 548.

Gur, RE. Gur, RC. (1990). Gender differences in regional cerebral blood flow. *Schizophrenia Bulletin*. Volumen 16(2). Páginas 247 - 254.

Gur, RC. Gunning-Dixon, F. Bilker, W. Gur, RE. (2002). Sex Differences in Temporo-  
limbic and Frontal Brain Volumes of Healthy Adults. *Cerebral Cortex*. 12 (9). Páginas  
998 - 1003.

Gutnik, L. Hakimzada, AF. Yoskowitz, N. Patel, V. (2006) The role of emotion in  
decision-making: A cognitive neuroeconomic approach towards understanding sexual  
risk behavior. *Journal of Biomedical Informatics*. Volumen 39 (6). Páginas 720 – 736.

Guyton, A. Hall, J. (2006). *Tratado de Fisiología Médica*. Decimosegunda Edición.  
Elsevier. España.

Habel, U. Klein, M. Kellermann, T. Shah, J. Schneider, F. (2005). Same or different?  
Neural correlates of happy and sad mood in healthy males. *Neuroimage*. Volumen 26.  
Issue 1(15). Páginas 206 - 214.

Haines, D. *Principios de Neurociencia*. (2013). Cuarta Edición. Elsevier. España.

Hair, J. Anderson, R. Tatham, R. Black, W. (1999) *Análisis Multivariante*. Quinta  
Edición. Pearson Education. Prentice Hall International. España.

Hakel, M. Hakel, L. (1984) *The Science and Practice of Making Decisions*. Professional  
Psychology: Research and Practice. Volumen 15. No. 5. Páginas 626 – 636.

Hall, G. Witelson, S. Szechtman, H. Nahmias, C. (2004). Sex differences in functional  
activation patterns revealed by increased emotion processing demands. *Neuroreport*,  
15(2). Páginas 219 - 223.

Hamilton, D. (1987). Institutional economics and consumption. *Journal of Economic  
Issues*. Volumen 21. No. 4. Páginas 1531 - 1554.

Hans-Rüdiger, P. Böhm, G. (2008). The multiplicity of emotions: A framework of emotional functions in decision making. Judgment and Decision Making. Volumen 3, No. 1, Páginas 5 - 17.

Hansson, S. (1994) An Overview of Decision Theory. Royal Institute of Technology. SKN Report No. 41. Suecia.

Hastie, R. (2001) Problems for Judgment and Decision Making. Annual Review of Psychology. No. 52. Páginas 653 – 683.

Hauser, J. R. (2014). Consideration-set heuristics. Journal of Business Research, 67(8). Páginas 1688-1699.

Heller, R. Stanley, D. Yekutieli, D. Rubin, N. Benjamini, Y. (2006). Cluster-based analysis of fMRI data. NeuroImage 33. Páginas 599–608.

Herzberg, F. (1966). Work and the Nature of Man. World Cleveland. Estados Unidos.

Herzberg, F. (2003). One More Time: Do you Motivate Employees? Harvard Business Review 81(1). Páginas 87 - 96.

Hines, M. (2004). Brain Gender. Oxford University Press. Estados Unidos.

Hirschman, E. Holbrook, M. (1982). Hedonic consumption: emerging concepts, methods and propositions. Journal of Marketing, 46. Páginas 92 - 101.

Hirschman, E. Holbrook, M. (1982). The experiential aspects of consumption: Consumer fantasies, feelings, and fun. Journal of Consumer Research, 9. Páginas 132-140.

Hoag, H. (2008). Sex on the brain. New Scientist. Volumen 199, Issue 2665. Páginas 28 - 31.

Hofer, A. Siedentopf, C. Ischebeck, A. Rettenbacher, M. Verius, M. Felber, S. Fleischhacker, W. (2006). Gender differences in regional cerebral activity during the



perception of emotion: A functional MRI study. *Neuroimage*. 15;32(2). Páginas 854 - 862.

Hoffmann, H. Kessler, H. Rukavina, S. Eppel, T. Traue, H. (2010). Expression intensity, gender and facial emotion recognition: Women recognize only subtle facial emotions better than men. *Acta Psychologica* 135(3). Páginas 278 - 283.

Hospital Privado de Comunidad. (2011). Lóbulos Frontales y Funciones Ejecutivas. *Revista HPC*. 14(1). Páginas 11 - 13.

Howard, J. Sneth, J. (1969) *The Theory of Buyer Behavior*. Editorial Wiley. Estados Unidos.

Hubert, M. Kenning, P. (2008) A current Overview of Consumer Neuroscience. *Journal of Consumer Behavior* No. 7. Páginas 272 – 292.

Hugdahl, K. (2005). Symmetry and asymmetry in the human brain. *European Review*, Volumen 13. No. 2. Páginas 119 - 133.

Ingalhalikara, M., Smitha, A., Parkera, D. Satterthwaiteb, T. Elliottc, M. Ruparelb, K. Hakonarsond, H. Gurb, R. Vermaa, R. (2014). Sex differences in the structural connectome of the human brain. *Proceeding of the National Academy of Sciences of USA*; 111(2). Páginas 823 - 828.

Instituto Químico Biológico. *Mediclopedia*. En <http://www.iqb.es/>.

Johnson-Laird, P. Oatley, K. (2014). Cognitive approaches to emotions. *Trends in Cognitive Science*. Volumen 18, Issue 3. Páginas 134 - 140.

Johnstone, A. Wahlestedt, C. Silva, J. (2013). The Neurobiological Substrates Guiding Maladaptive Decision-Making in Obesity. *Journal of Addiction Medicine Therapy* 1(1). 1002. Páginas 1 - 6.

Kable, J. Glimcher, P. (2009). The Neurobiology of Decision: Consensus and Controversy. *Neuron*. Volumen 63. Issue 6. Páginas 733–745.

Kanheman, D. Tversky, A. (1979) Prospect Theory. An Analysis of Decision under Risk. *Econometrika* No. 47. Páginas 263 – 291.

Kanheman, D. Tversky, A. (1984) Choice, Values and Frames. *Journal of American Psychological Association*. Volumen 39. No. 4. Páginas 341 – 350.

Kanheman, D. (2003) A Perspective on Judgment and Choice. Mapping Bounded Rationality. *American Psychologist Journal*. Volumen 58. No. 9. Páginas 697 – 720.

Kastrup, A. Li, T. Glover, G. Kruger, G. Moseley, M. (1999). Gender Differences in Cerebral Blood Flow and Oxygenation Response During Focal Physiologic Neural Activity. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*. 19. Páginas 1066 - 1071.

Kenning, P. Linzmajer, M. (2011). Consumer neuroscience: an overview of an emerging discipline with implications for consumer policy. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 6(1). Páginas 111 - 125.

Kensinger, E. (2004). Remembering emotional experiences: The contribution of valence and arousal. *Reviews in the Neurosciences*, 4. Páginas 241 - 253.

Kihlstrom, J. (1987) The Cognitive Unconscious. *Science Review*. Volumen 237. Páginas 1445 – 1451.

Knutson, B. Scott, R. Elliott, W. Prelec, D. Loewenstein, G. (2007). Neural Predictors of Purchases. *Neuron Magazine* No. 53. (Cell Press Journal). Páginas 147 – 155.

Knutson, B. Greer, S. (2008). Anticipatory Affect: Neural correlates and consequences for choice. *Philosophical Transactions of The Royal Society*. No. 363. Páginas 3771 - 3786.

Knutson, B. Haber, S. (2010). The reward circuit: linking primate anatomy and human imaging. *Neuropsychopharmacology* 35 (1). Páginas 4 - 26.

Knutson, B. Wu, C. (2013). Brain To Bank: Neural Predictors Of Financial Risk Taking. Journal of Cognitive Neuroscience (1). Página 265.

Koch, K. Paulya, K. Kellermannna, T. Seifertha, N. Reskea, M. Backesa, V. Stöckerc, T. Shahc, NJ. Amuntsa, K. Kirchera, T. Schneidera, F. Habela, U. (2007). Gender differences in the cognitive control of emotion: An fMRI study. Neuropsychologia. Volumen 45, Issue 12. Páginas 2744 – 2754.

Kohn, N., Eickhoff, S. B., Scheller, M., Laird, A. R., Fox, P. T., Habel, U. (2014). Neural network of cognitive emotion regulation – an ALE meta-analysis and MACM analysis. NeuroImage, Volumen 87, Páginas 345-55.

Kolar, E. (2014). Neuromarketing and Marketing Management: Contributions of Neuroscience for the traditional Marketing Mix. Faculty of Management and Governance. University of Twente. En [http://essay.utwente.nl/65319/1/Kolar\\_BA\\_MB.pdf](http://essay.utwente.nl/65319/1/Kolar_BA_MB.pdf).

Kotler, P. Armstrong, G. (2007). Fundamentos de Marketing. Pearson Education. España.

LaBar, K. Phelps, E. (1998) Arousal-mediated Memory Consolidation. Psychological Science. Volumen 9. No. 6. Páginas 490 – 493.

LaBar, K. Gatenby, C. Gore, J. LeDoux, J. Phelps, E. (1998). Human amygdala activation during conditioned fear acquisition and extinction: A mixed trial fMRI study. Neuron. No. 20. Páginas 937-945.

Lancaster, J. Woldorff, M. Parsons, L. Liotti, M. Freitas, C. Rainey, L. Kochunov, P. Nickerson, D. Mikiten, S. Fox, P. (2000). Automated Talairach Atlas Labels For Functional Brain Mapping. Human Brain Mapping 10. Páginas 120 –131.

Laurent, G. Kapferer, J. (1985). Consumers' Involvement Profile: New Empirical Results. Advances in Consumer Research. Volumen 12. Páginas 290 - 295.

LeDoux, J. (1998) The emotional Brain. Editorial Phoenix. Reino Unido.

LeDoux, J. (2000) Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*. No. 23. Páginas 155-184.

Lee, T. Liu, H. Hoosain, R. Liao, W. Wu, C. Yuen, K. Gao, J. (2002). Gender differences in neural correlates of recognition of happy and sad faces in humans assessed by functional magnetic resonance imaging. *Neuroscience letters*, 333(1). Páginas 13 - 16.

Lehrer, J. (2010) *How We Decide*. First Mariner Books. Estados Unidos.

Leonard, C. Towler, S. Welcome, S. Halderman, L. Otto, R. Eckert, M. Chiarello, C. (2008). Size Matters: Cerebral Volume Influences Sex Differences in Neuroanatomy. *Cerebral Cortex*;18. Páginas 2920 - 2931.

LeVay, D. (1999) *Anatomía y Fisiología Humana*. Segunda Edición. Editorial Paidotribo. España.

Levy, I. Lazzaro, S. Rutledge, R. Glimcher, P. (2011). Choice from Non-Choice: Predicting Consumer Preferences from Blood Oxygenation Level-Dependent Signals Obtained during Passive Viewing. *The Journal of Neuroscience*, 31(1). Páginas 118 –125.

Liberzon, I. Taylor, S. Phan, L. Wager, T. (2002) Functional Neuroanatomy of Emotion: A Meta-Analysis of Emotion Activation Studies in PET and fMRI. *Neuroimage*. No. 16. Páginas 331 – 348.

Lieberman, M. (2011) Why symbolic processing of affect can disrupt negative affect: Social cognitive and affective neuroscience investigations. En Todorov, S. Fiske, T. Prentice, D. *Social Neuroscience: Toward understanding the underpinnings of the social mind*. Oxford University Press. Estados Unidos.

Lindstrom, M. (2008) *Buyology*. RH Business Books. Reino Unido.

Loewenstein, G. Lerner, J. (2003). The Role of Affect in Decision Making. En *Handbook of Affective Science*. Oxford University Press.

López, F. (2011) Proceso de Decisión del Consumidor. Aplicación a los Planes de Pensiones Individuales. Tesis Doctoral Universidad Complutense de Madrid.

López-Ibor, J. López-Ibor, M. Pastrana, J. (2008). Transcranial Magnetic Stimulation. Current Opinion in Psychiatry. Volumen 21. Issue 6. Páginas 640 – 644.

Luan Phan, K. Wager, T. Taylor, S. Liberzon, I. (2002) Functional Neuroanatomy of Emotion: A Meta-Analysis of Emotion Activation Studies in PET and fMRI. Neuroimage Review. No. 16. Páginas 331 – 348.

Maestú, F. Ríos, M. Cabestrero, R. (2008). Neuroimagen. Técnicas y procesos cognitivos. Elsevier. España.

Mak, A. Hu, Z. Zhang, J. Xiao, Z. Lee, T. (2009). Sex-related differences in neural activity during emotion regulation. Neuropsychologia 47(13), Páginas 2900 - 2908.

Maratos, E. Dolan, R. Morris, J. Henson, R. Rugg, M. (2001) Neural activity associated with episodic memory for emotional context. Neuropsychologia. Volumen 39. No. 9. Páginas 910-920

Martín, J. (2003). Neuroanatomy. Text and Atlas. Tercera Edición. McGrawHill Medical. Estados Unidos.

Martínez, M. (2000) Ciencia y Marketing. Manual para Investigadores y Doctorandos en Ciencia Social. Editorial ESIC. Madrid.

Maughan, L. (2007) Seeing is Believing. Journal of Engineering and Technology. Volumen 2. No. 9. Páginas 38 – 41.

Mazoyer, B. Mazard, A. Etard, O. Tzourio-Mazoyer, N. Kosslyn, S. Mellet, E. (2002). Impact of fMRI Acoustic Noise on the Functional Anatomy of Visual Mental Imagery. Journal of Cognitive Neuroscience 14(2). Páginas 172-86.

McClure, E. (2000). A meta-analytic review of sex differences in facial expression processing. *Psychology Bulletin* 126(3). Páginas 424 - 453.

McRae, K. Ochsner, K. Mauss, I. Gabrieli, J. Gross, J. (2008). Gender Differences in Emotion Regulation: An fMRI Study of Cognitive Reappraisal. *Group Processes Intergroup Relations* Volumen 11(2). Páginas 143 - 162.

Mehrabian, A. (1995). Framework for a comprehensive description and measurement of emotional states. *Genetic, Social, and General Psychology Monographs*, 121,. Páginas 339 - 361.

Middleton, F. Strick, P. (2000). Basal ganglia and cerebellar loops: motor and cognitive circuits. *Brain Research Reviews*, 31. Páginas 236 – 261.

Mittal, B. (1989). Measuring Purchase Decision Involvement. *Psychology & Marketing*, 6. Páginas 147 - 162.

Moll, J. Krueger, F. Zahn, R. Pardini, M. De Oliveira-Souza, R. Grafman, J. (2006). Human fronto–mesolimbic networks guide decisions about charitable donation. *Proceeding of the National Academy of Sciences of USA. PNAS*. Volumen 103 No. 42. Páginas 15623 – 15628.

Moltó, J. Montañés, S. Poy, R. Segarra, P. Pastor, M. Tormo, M. Ramírez, I. Hernández, M. Sánchez, M. Fernández, M. Vila, J. (1999). Un método para el estudio experimental de las emociones. *Revista de psicología general y aplicada: Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología*. Volumen 52. No. 1. Páginas 55 - 87.

Moriguchi, Y. Touroutoglou, A. Dickerson, B. Barrett, L. (2013). Sex differences in the neural correlates of affective experience. *Oxford Journals Medicine & Health Social Cognitive & Affective Neuroscience*. Volumen 9, Issue 5. Páginas. 591 - 600.

Morin, C. (2011). Neuromarketing: the new science of consumer behavior. *Society*, 48(2). Páginas 131-135.

Murgich, V. (2015) Estudio sobre la Influencia de los Mecanismos Reguladores de las Emociones en Mujeres con Resonancia Magnética Funcional por Imagen (fMRI). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias de la Información. Universidad Complutense de Madrid.

Naqvi, N. Shiv, B. Bechara, A. (2006). The Role of Emotion in Decision Making. A Cognitive Neuroscience Perspective. Journal of Association for Psychological Science. Volumen 15. No. 5. Páginas 260 - 264.

Netter, F. (2011). Atlas de Anatomía Humana. Quinta Edición. Elsevier. España.

Neumann, J. Morgenstern, O. (2007). Theory of Games and Economic Behavior. Commemorative Edition. Princeton University Press. Estados Unidos.

Nitschke, J. Sarinopoulos, I. Mackiewicz, K. Schaefer, H. Davidson, R. (2006). Functional neuroanatomy of aversion and its anticipation. Neuroimage, 29(1). Páginas 106-116.

O'Doherty, J. Rolls, E. Francis, S. Bowtell, R. McGlone, F. Kobal, G. Renner, B. Ahne, G. (2000) Sensory-specific satiety-related olfactory activation of the human orbitofrontal cortex. Neuroreport 11(4). Páginas 893 - 897.

Okinawa Institute of Science. News Center. Photo Collections. En <http://www.oist.jp/news-center/photos>.

Orrison, W. (2001). Neurorradiología. Volumen I. Ediciones Harcourt. España.

Ostrosky, F. Vélez, A. (2013). Neurobiología de las Emociones. Revista de Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias, Enero-Junio 2013, Volumen13, N°1, Páginas: 1 - 13.

Pacheco, L. (2007). El Cerebro y su organización. Departamento de Fisiología, Escuela de Medicina, Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

Padoa-Schioppa, C. Assad, J. (2006). Neurons in the orbitofrontal cortex encode economic value. *Nature* 441. Páginas 223 - 226.

Pallarés, D. (2013). La neurociencia aplicada al estudio del género: ¿una nueva perspectiva?. *Forum de Recerca* No. 16. Universitat Jaume I. Páginas 17 - 35.

Panksepp, J. (1998) *Affective Neuroscience. The Foundations of Human and Animal Emotions*. Oxford Press University. Estados Unidos.

Parra, L. García, A. Ortiz, S. Pérez, D. Nájera, J. Basurto, N. Espinoza, V. Rivas I. (2009). Las diferencias anatómicas cerebrales que implican diferencias funcionales. *Revista Facultad de Medicina UNAM Volumen* 52 No. 4. Páginas 177 - 181.

Payzan-LeNestour, E. Dunne, S. Bossaerts, P. O'Doherty, J. (2013). The neural representation of unexpected uncertainty during value-based decision making. *Neuron* 79 (1). Páginas 191 - 201.

Pearce, J. (2005). Brodmann's cortical maps. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 76. Historical Note. Página 259

Peña-Casanova, J. (2007). *Neurología de la conducta y neuropsicología*. Editorial Médica Panamericana. Colombia.

Perea, M. Ladera, V. (2004). El tálamo: aspectos neurofuncionales. *Revista de neurología*. Volumen 38. Nº. 7. Páginas 687 - 693.

Perner, L. (2011) *Consumer Behavior. The Psychology of Marketing*. University of Southern California. Estados Unidos.

Perrachione, T. Perrachione, J. (2008) Brains and brands: Developing mutually informative research in neuroscience and marketing. *Journal of Consumer Behavior*. No. 7. Páginas 303 – 318.



Pessoa, L. (2005). To what extent are emotional visual stimuli processed without attention and awareness? *Current Opinion in Neurobiology*, 15, Páginas 188–196.

Pessoa, L. (2010). Emotion and attention effects: is it all a matter of timing? Not yet. *Frontiers in Human Neuroscience*. Volumen 4. Páginas 172- 199.

Pessoa L., Oliveira L., Pereira M. G. (2010). Attention and emotion. *Scholarpedia*, 5(2): 6314.

Peters, E. Västfjäll, D. Gärling, T. Slovic, P. (2006). Affect and decision making: A "hot" topic. *Journal of Behavioral and Decision Making*, 19. Páginas 79 - 85.

Petersen, E. Dubis, J. (2012). The mixed block/event-related design. *Neuroimage*, 62(2). Páginas 1177 - 1184.

Pfister, H. Böhm, G. (2008). The multiplicity of emotions: A framework of emotional functions in decision making. *Judgment & Decision Making*. Volumen 3(1). Páginas 5-17.

Phelps, E. Anderson, A. (1997). Emotional Memory: What does the amygdala do?. *Current Biology Review*. No. 7, Páginas 311-314.

Phelps, E. LaBar, K. Anderson, A. O'Connor, K. Fulbright, R. Spencer, D.(1998). Specifying the contributions of the human amygdala to emotional memory: A case study. *Neurocase*. No. 4. Páginas 527-540.

Phelps, E. (2004). Human emotion and memory: Interactions of the amygdala and hippocampal complex. *Current Opinion in Neurobiology*. No. 14. Páginas 198-202.

Phelps, E. Ling, S. Carrasco, M. (2006). Emotion Facilitates Perception and Potentiates the Perceptual Benefits of Attention. *Journal of Association for Psychological Science*. Volumen 17. No. 4. Páginas 292 – 299.

Phelps, E. Lempert, K. Sokol-Hessner, P. (2014). Emotion and Decision Making: Multiple Modulatory Neural Circuits. *Annual Review of Neuroscience* 37. Páginas 263–287.

Phillips, M. Drevets, W. Rauch, S. Lane, R. (2003). Neurobiology of Emotion Perception I: The Neural Basis of Normal Emotion Perception. *Society of Biological Psychiatry*. 54 (5). Páginas 504 - 514.

Pinel, J. (2002). *Biopsicología*. Cuarta Edición. Pearson Education. España.

Plassmann, H. Ambler, T. Braeutigam, S. Kenning, P. (2007) ¿What can advertisers learn from neuroscience? *International Journal of Advertising*. Volumen 26. No. 2. Páginas 151 – 175.

Plassmann, H. O'Doherty, J. Shiv, B. Rangel, A. (2008) Marketing actions can modulate neural representations of experienced pleasantness. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Volumen 105. No.3. Páginas 1050 – 1054.

Platt, M. (2002). Neural correlates of decisions. *Current Opinion in Neurobiology*, 12. Páginas 141–148.

Poldrack, R. (2006). Can cognitive processes be inferred from neuroimaging data? *Trends in Cognitive Sciences*. No. 10. Páginas 59–63.

Pomerantz, J. (2008) *Topics in Integrative Neuroscience. From Cells to Cognition*. Cambridge University Press. Reino Unido.

Preuschoff, K. Quartz, S. Bossaerts, P. (2008). Human insula activation reflects risk prediction errors as well as risk. *The Journal of neuroscience* 28 (11). Páginas 2745 - 2752.

Ramsey, N. Hoogduin, H. Jansm, J.M. (2002). Functional MRI experiments: acquisition, analysis and interpretation of data. *European Neuropsychopharmacology* 12. Páginas 517 – 526.

Rangel, A. Camerer, C. Montague, R. (2008). A framework for studying the neurobiology of value-based. *Nature Reviews. Neuroscience*. Volumen 9. Páginas 545 – 556.

Reavis, R. Overman, W. (2001). Adult sex differences on a decision-making task previously shown to depend on the orbital prefrontal cortex. *Behavioral Neuroscience*, Volumen 115(1). Páginas 196 - 206.

Rivera, D. Puentes, S. Caballero, L. (2011). Resonancia Magnética Cerebral: Secuencias Básicas e Interpretación. *Universidad Médica* 52 (3). Páginas 292 - 306.

Rivera, J. Arellano, R. Molero, V. (2000) *Conducta del Consumidor*. Editorial ESIC. España.

Rodriguez, G. Warkentin, S. Risberg, J. Rosadini, G. (1989). Sex Differences in Regional Cerebral Blood Flow. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*. 8. Páginas 783 - 789.

Rojas, R. (2010). Introducción a la Resonancia Magnética Funcional Cerebral. Sociedad Mexicana de Radiología e Imagen. *Memorias XLIV Curso Anual de Radiología e Imagen*. México.

Rolls,E. (1999). *The Brain and Emotion*. Oxford University Press. Oxford. UK.

Rolls, E. (2000). Précis of *The Brain and Emotion*. *Behavioral and Brain Sciences* 23:. Páginas 177 - 233.

Rolls,E. (2004) The functions of the orbitofrontal cortex. *Brain and Cognition*. No.55. Páginas 11 - 29.

Rolls, E. (2014). Emotion and decision-making explained: A précis. *Cortex*. Volumen 59. Páginas 185 –193.

Rolls, E. (2015). Neural basis of emotion. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. Volumen 7. Páginas 477-482.

Román, F. Sánchez, M. Rabadán, M. (2011). Técnicas de Neuroimagen Estructural. Departamento de Anatomía Humana y Psicobiología. Área de Neuropsicología. Practicum 2. Universidad de Murcia. En <https://www.um.es>.

Rubia, F. (2007). El Sexo del Cerebro: La Diferencia Fundamental entre Hombres y Mujeres. Editorial Temas de Hoy. España.

Rudorf, S. Preuschoff, K. Weber, B. (2012). Neural correlates of anticipation risk reflect risk preferences. *The Journal of Neuroscience* 32 (47). Páginas 16683 - 16692.

Ruigrok, A. Salimi-Khorshidi, G. Laia, M. Baron-Cohen, S. Lombardo, M. Tait, R. Suckling, J. (2014). A meta-analysis of sex differences in human brain structure. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 39. Páginas 34–50.

Rytel, T. (2010). Emotional Marketing Concept: The New Marketing Shift in the Postmodern Era. *Business Theory and Practice*. Volumen 11. No. 1. Páginas 30 -38.

Sánchez, F. (1998). Psicología social. McGraw-Hill. España.

Sanfey, A. Rilling, J. Aronson, J. (2003). The neural basis of economic decision-making in the Ultimatum Game. *Science* 300. Páginas 1673 – 1675.

Scheier, L. M. Grenard, J. (2010). Influence of a nationwide social marketing campaign on adolescent drug use. *Journal of health communication*, 15(3). Páginas 240-271.

Schiffman, L. Lazar, L. (2000) *Consumer Behavior*. Seventh Edition. Prentice Hall International. Estados Unidos.

Slosman, D. Chicherio, C. Ludwig, C. Genton, L. Ribaupierre, S. Hans, D. et al.  $^{131}\text{I}$  Xe SPECT cerebral blood flow study in a healthy population: Determination of T-scores. *Journal of Nuclear Medicine*, 42. Páginas 864 – 870.

Shallice, T. (2001). Theory of mind and the prefrontal cortex. *Brain* 124(2). Páginas 247 - 248.

Siegel-Hinson, R. McKeever, W. (2002). Hemispheric specialisation, spatial activity experience, and sex differences on tests of mental rotation ability. *Laterality: Asymmetries of Body. Brain and Cognition*, 7(1). Páginas 59 - 74.

Silva, J. (2008). Neuroanatomía de las Emociones. Capítulo 17. En Slachevsky, A., Manes, F., Labos, E., Fuentes, P. *Tratado de Neuropsicología y Neuropsiquiatría Clínica*. Páginas 377 - 384.

Simon, H. (1955). A Behavioral Model of Rational Choice. *The Quarterly Journal of Economics*, 69 (1). Páginas 99 - 118.

Simon, H. (1957). A Behavioral Model of Rational Choice. En *Models of Man, Social and Rational: Mathematical Essays on Rational Human Behavior in a Social Setting*. Wiley. Estados Unidos.

Sirakaya, E. Woodside, A. (2005) Building and testing theories of decision making. *Tpurism Management*. No. 26. Páginas 815 – 832.

Snell, R. (2007). *Neuronatomía Clínica*. Editorial Médica Panamericana. Colombia.

Squire, L. Wixted, J. Clark, R. (2007). Recognition memory and the medial temporal lobe: A new perspective. *Nature Neuroscience Review* 8. Páginas 872 - 883.

Srivastava, M. Sharma, M. (2008). The Role of Emotional Appeals in Internet Advertising: A Study of the Contributing Factors Involved. *Journal of Management Research*. Volumen VII. No. 9. Páginas 27 – 36.

Stevens, J. Hamann, S. (2012). Sex differences in brain activation to emotional stimuli: a meta-analysis of neuroimaging studies. *Neuropsychologia*, 50(7). Páginas 1578 - 1593.

Stocco, A. Fum, D. (2008). Implicit emotional biases in decision making: The case of the Iowa Gambling Task. *Brain and Cognition*. 66(3). Páginas 253 - 259.

Sutterer, M. Kosciak, T. Tranel, D. (2015). Sex-related functional asymmetry of the ventromedial prefrontal cortex in regard to decision-making under risk and ambiguity. *Neuropsychologia*, 75. Páginas 265 - 273.

Sutton, R. Barto, A. (1998). *Reinforcement Learning: An Introduction*. MIT Press, Cambridge. EEUU.

The Merck Manual for Health Care Professionals. <http://www.merckmanuals.com/professional/index.html>.

Tirapu-Ustárriz, J. Pérez-Sayes, G. Erekatxo-Bilbao, M. Pelegrín-Valero, C. (2007) ¿Qué es la teoría de la mente?. *Revista de Neurología*, 44. Páginas 479 - 489.

Tom, S. Fox, C. Trepel, C. Poldrack, R. (2007). The neural basis of loss aversion in decision-making under risk. *Science*. 315(5811). Páginas 515 - 518.

Torro, N. Fukusima, S. Aznar-Casanova, A. (2008). Models of brain asymmetry in emotional processing. *Psychology & Neuroscience* 1 Páginas 63-66.

Tranel, D. Damasio, H. Denburg, N. Bechara, A. (2005). Does gender play a role in functional asymmetry of ventromedial prefrontal cortex? *Oxford Journals. Brain*. Volumen 128. Issue 12. Páginas 2872 - 2881

Tusche, A. Bode, S. Haynes, J. (2010). Neural Responses to Unattended Products Predict Later Consumer Choices. *The Journal of Neuroscience*, 30(23). Páginas 8024 - 8031.

Van den Bos, R. Homberg, J. Visser, L. (2013). A critical review of sex differences in decision-making tasks: Focus on the Iowa Gambling Task. *Behavioural Brain Research* 238. Páginas 95 - 108.

Veblen, T. (2005). *The theory of the Leisure Class; an Economic Study of Institutions*. Aakar Books. Páginas 52–76.

Vendrell, P. Junqué, C. Pujol, J. (1995). La Resonancia Magnética Funcional. Una Técnica para el Estudio de las Bases Cerebrales de los Procesos Cognitivos. *Psicothema*. Volumen 7. No. 1. Páginas 51 - 60.

Vivar, L. (1991). Los modelos microanalíticos del comportamiento del comprador como herramientas para la estrategia comercial de la empresa. *Anales de estudios económicos y empresariales*, N° 6. Páginas 97 - 122.

Von Neumann, J. Morgenstern, O. (2007). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press. EEUU.

Voss, K. Spangenberg, E. Grohmann, B. (2003). *Journal of Marketing Research*. Volumen 40. No. 3. Páginas 310 - 320.

Wager, T. Phan, K.L. Liberzon, I. Taylor, S. (2003). Valence, gender, and lateralization of functional brain anatomy in emotion: a meta-analysis of findings from neuroimaging. *NeuroImage* 19. Páginas 513 - 531.

Weber, B. Aholt, A. Neuhaus, C. Trautner, P. Elger, C. Teichert, T. (2007). Neural evidence for reference-dependence in real-market-transactions. *Neuroimage*, 35(1). Páginas 441 - 447.

Weller, J. Levin, I. Shiv, B. Bechara, A. (2007). Neural Correlates of Adaptive Decision Making for Risky Gains and Losses. *Psychological Science*. Volumen 18. No. 11. Páginas 958 - 964.

Wrase, J. Klein, S. Gruesser, S. Hermann, D. Flor, H. Mann, K. Braus, D. Heinz, A. (2003). Gender differences in the processing of standardized emotional visual stimuli in humans: a functional magnetic resonance imaging study. *Neuroscience Letters*. Volumen 348, Issue 1. Páginas 41 - 45.

Winkielman, P. Knutson, B. Paulus, M. Trujillo, J. (2007) Affective Influence on Judgements and Decisions: Moving Towards Core Mechanisms. *Review of General Psychology*. Volume 11. No. 2. Páginas 179 – 192.

Xu, C. Li, C. Wu, H. Wu, Y. Hu, S. Zhu, Y. Zhang, W. Wang, L. Zhu, S. Liu, J. Zhang, Q. Yang, J. Zhang, X. (2015). Gender Differences in Cerebral Regional Homogeneity of Adult Healthy Volunteers: A Resting-State fMRI Study. *BioMed Research International*. 183074. PMC. Web. 11.

Yamaguchi, S. Onoda, K. (2012). Interaction between emotion and attention systems. *Frontiers in Neuroscience*. Volumen 25.

Yancey, S.W. Phelps, E.A. (2001). Functional neuroimaging and episodic memory: A perspective. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 23, 32-48.

Zaidi, Z. (2010). Gender Differences in Human Brain: A Review. *The Open Anatomy Journal*. Volumen 2. Páginas 37 - 55.

Zajonc, R. (1968). Attitudinal Effects of Mere Exposure. *Journal of Personality and Social Psychology Monograph Supplement*. Volumen 9. No. 2. Páginas 1 -27.

Zeelenberg, M. Nelissen, R. Breugelmans, S. Pieters, R. (2008). On emotion specificity in decision making: Why feeling is for doing. *Judgment and Decision Making*, Volumen 3, No. 1, Páginas 18 – 27.



## **CAPÍTULO VII.**

### **ANEXOS**





## A.2 Información Enviada a las Mujeres Participantes en el Experimento, Días Previos a su Participación



Hospital General Universitario  
Gregorio Marañón  
Comunidad de Madrid



En nombre del Laboratorio de Imagen Médica del Hospital General Universitario y el Grupo de Investigación en Neuromarketing de la Universidad Complutense de Madrid queremos agradecer tu participación en el **2do. Estudio de Investigación de Neuromarketing HGUGM- UCM.**

A continuación, encontrarás información de interés relacionada con este estudio:

### 1. ¿En qué consistirá mi participación?

Tu colaboración consistirá en permitirnos ver la forma en que responde tu cerebro ante la realización de una serie de tareas que te pediremos que realices. Dado que la única forma que tenemos de ver tu cerebro “en acción” es escanearlo, tu participación requiere de una exploración mediante Resonancia Magnética.

### 2. ¿En qué consiste una Resonancia Magnética?

La Resonancia Magnética es un examen que utiliza imanes y ondas de radio potentes para crear imágenes de gran detalle y calidad, de los órganos y tejidos. De hecho, con la Resonancia Magnética se consiguen ver estructuras que no conseguimos ver con otro tipo de técnicas de imagen. Es importante que sepas que en esta técnica, NO se emplea radiación (rayos X) y que en este estudio NO usamos ningún tipo de contraste ni te daremos ninguna medicación.

### 3. ¿En dónde se realiza la Resonancia Magnética?

La máquina de resonancia es un imán cilíndrico cerrado con dos aberturas en ambos extremos, parecida a la que verás en la siguiente imagen:



### 4. ¿Cómo se realiza el examen?

Para realizar este estudio, te pediremos que estés tumbada dentro de la máquina de resonancia. La realización total de la prueba será de 40 minutos, aproximadamente.

Durante este tiempo sólo debes intentar permanecer quieta y tranquila ya que el movimiento excesivo puede ocasionar errores e imágenes borrosas en la resonancia.

La prueba será realizada por personal médico y técnico del Hospital y en todo momento estarás bajo su vigilancia. Durante toda la prueba ellos te hablarán y te irán informando cómo se desarrolla el estudio, cuánto tiempo resta y podrás preguntarles o pedirles lo que necesites.

El equipo de resonancia magnética tiene una pantalla especial en la que verás un cierto número de imágenes respecto de las cuales te haremos preguntas. Para respondernos tendrás un mando en tu mano derecha que te indicaremos cómo usar una vez empecemos la prueba.

Una vez finalizado el examen, no necesitas de ningún período de recuperación, podrás realizar de inmediato cualquier actividad con total normalidad.

### **5. ¿Qué sentiré durante el examen?**

Una resonancia magnética no causa dolor. La mesa puede estar dura o fría, pero de ser así, puedes pedirnos una manta o almohada. Durante la exploración oirás una serie de golpes regulares, debidos a las sucesivas activaciones rápidas y paradas de los gradientes de los campos magnéticos. Estos ruidos son normales y no suponen ningún peligro.

### **6. ¿Cómo debo prepararme para la prueba?**

Debido a que el equipo para la resonancia magnética contiene imanes potentes, no se permiten objetos de metal dentro de la sala donde está el escáner así que deben asegurarte de no llevar joyas, relojes, audífonos, prendedores, ganchos para el cabello u otros artículos metálicos similares.

Así mismo, debes entrar en la sala de exploración sin laca de pelo, ni maquillaje de ningún tipo ya que algunos tienen partículas metálicas. Las prótesis dentales removibles se deben retirar justo antes del examen.

En el hospital te proporcionaremos una bata para entrar al escaner, sin embargo, si prefieres puedes traer ropa cómoda que no tenga objetos metálicos.

### **IMPORTANTE! No debes participar en este estudio si:**

- Sufres de Claustrofobia.
- Tienes algún implante electrónico, como Marcapasos Cardíaco, Estimulador de la Médula Espinal, Bomba De Insulina, etc.
- Si se te ha intervenido quirúrgicamente y eres portadora de prótesis metálicas o implantes, como Clips por Aneurismas Cerebrales, Prótesis Vasculares, Articulares u Óseas.
- Tienes un DIU (se pueden mover durante la prueba)
- Si es posible que tengas alguna partícula metálica en el interior de la órbita (sobre todo si has trabajado con metal)
- Si hay posibilidad de que estés EMBARAZADA. Esto ya que Aunque NO se emplean radiaciones ionizantes y la prueba no tiene efectos adversos, no es recomendable hacerla a mujeres con posibilidad de embarazo.

### A.3 Consentimiento Informado Resonancia Magnética



Hospital General Universitario  
Gregorio Marañón  
Comunidad de Madrid

**SERVICIO DE RADIODIAGNÓSTICO  
RESONANCIA MAGNÉTICA**

**ADREMA O ETIQUETA  
IDENTIFICATIVA**

#### DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Nombre y apellidos del paciente:	
Nombre y apellidos del médico que informa:	
Nombre del procedimiento:	<b>RESONANCIA MAGNÉTICA (RM)</b>

#### SOLICITUD DE INFORMACIÓN:

Deseo ser informado sobre las pruebas y/o las intervenciones que se me van a realizar: **Sí** ☐ **NO** ☐  
 Deseo que la información de las pruebas y/o intervenciones le sea proporcionada a.....

#### Explicación sencilla del objetivo del procedimiento, en qué consiste y la forma en que se va a llevar a cabo

Se le va a realizar una exploración mediante Resonancia Magnética (RM). Se trata de una exploración que utiliza un potente **campo magnético**. Por eso, se ha tenido que rellenar previamente el formulario. Con frecuencia, para la realización de la exploración, es necesaria la administración de un **contraste en vena**. Esto mejora notablemente la información obtenida y permite efectuar un diagnóstico más preciso. En su realización participan técnicos especialistas en Radiodiagnóstico y personal de enfermería. Los estudios obtenidos son interpretados por un médico especialista en Radiodiagnóstico.

- El contraste más habitualmente empleado contiene una sustancia denominada **Gadolinio**.

#### Qué sucede durante la prueba:

En todo momento, durante la exploración usted estará vigilado por personal médico, técnico siempre y de enfermería, según el caso. La realización total de la prueba dura entre 20 y 60 minutos, dependiendo de la zona del cuerpo que se deba estudiar. Durante este tiempo deberá permanecer tumbado y sin moverse, en una posición cómoda. Durante este tiempo le hablarán le irán informando sobre cómo se desarrolla el estudio y cuánto tiempo resta. Durante la exploración oír ruidos, que son normales y no suponen un peligro para usted. Suenan como series de golpes regulares, debidos a las sucesivas activaciones rápidas y paradas de los gradientes de los campos magnéticos.

#### Preparación :

No es necesario estar en ayunas, excepto los niños o adultos programados para anestesia. No conviene tomar café, refrescos de cola, ni otros estimulantes.

#### MUY IMPORTANTE. PRECAUCIONES

##### Antes de citarse para la realización de la prueba:

- Debe advertir a su médico y al personal de la Resonancia Magnética si es portador de algún **implante electrónico**, como **MARCAPASOS CARDIACO, ESTIMULADOR DE LA MÉDULA ESPINAL, BOMBA DE INSULINA**, etc. o si se ha intervenido quirúrgicamente y es portador de prótesis metálicas implantadas, como son, p. ej., los **CLIPS POR ANEURISMAS CEREBRALES, PRÓTESIS VASCULARES, ARTICULARES U ÓSEAS**, etc.
- También es importante saber si puede tener alguna **partícula metálica** en el interior de la órbita (sobre todo trabajadores del metal) y las mujeres, si pueden estar **EMBARAZADAS**.

##### Antes de entrar en la sala de exploración:

Si se va a explorar el área de la cabeza, no debe entrar en la sala de exploración con laca de pelo ni maquillaje en la piel. Tampoco debe portar dentaduras metálicas, cinturones con hebilla, relojes, tarjetas de crédito, ni cualquier otro objeto ferromagnético, electrónico o magnético.

**SI TIENE LA MENOR DUDA, PREGUNTE A NUESTRO PERSONAL**



**Descripción de las consecuencias seguras del procedimiento siempre que se consideren relevantes:**

El campo magnético puede interferir con el funcionamiento de aparatos electrónicos, como los **marcapasos**, por lo que no puede realizarse esta prueba en quienes los portan, ni en los portadores de **material ferromagnético**, como el hierro, ya que podría moverse o calentarse este material, con el riesgo que esto supone. En cada uno de estos pacientes, se valorará individualmente la realización de la prueba.

El equipo en el que se realiza la prueba tiene forma de tubo, pero **no está cerrado**. El paciente se puede comunicar en cualquier momento con los operadores que están realizando la prueba y ésta puede ser interrumpida, si es preciso.

El equipo **emite sonidos** durante la realización de la prueba, que según su sensibilidad pueden llegar a ser molestos, pero en ningún caso son perjudiciales.

**Descripción de los riesgos típicos:**

En los casos en que se emplea contraste a través de una vena, aunque es muy raro, podría desencadenarse una reacción alérgica, del mismo modo que cuando se introduce cualquier otra sustancia. Cuando se produce una reacción alérgica, suele ser de aparición inmediata y de carácter leve (urticaria, picor, enrojecimiento, etc.). Es muy improbable que la reacción alérgica sea grave (edema de laringe, caída de la tensión arterial, etc.). El hospital está dotado de recursos técnicos y humanos para hacer frente a estas situaciones. A pesar de todo ello, podría llegar a producirse el fallecimiento del paciente.

Existen muy pocos casos descritos en el mundo de reacción alérgica al gadolinio.

**Descripción de los riesgos personalizados:**

**Descripción de riesgos que son excepcionales y se consideran graves:**

- Aparición de una enfermedad llamada Fibrosis sistémica progresiva. Es muy excepcional. Sólo aparece en pacientes con **insuficiencia renal grave** y solo se ha descrito con algunos derivados del gadolinio, que en nuestro centro no se emplean. También se recomienda la mayor cautela para su empleo en menores de un año o mujeres gestantes. Si USTED PADECE INSUFICIENCIA RENAL O ESTÁ EMBARAZADA, ADVIERTALO ANTES DE REALIZAR ESTA PRUEBA.

**Contraindicaciones:** Ninguna absoluta

Usted debe saber que existe disponibilidad absoluta a ampliar la información, si usted así lo desea, en el Servicio de Radiodiagnóstico. TFNO.: 915868550/5077/8482

**Declaración del paciente:**

- He recibido información acerca de lo indicado en los apartados previos, así como alternativas diferentes al procedimiento si las hubiera
- Estoy satisfecho con la información recibida, he aclarado mis dudas y se que puedo revocar este consentimiento sin que precise dar ninguna razón, y sin que ello suponga un deterioro de la calidad de la asistencia recibida, si bien podría dificultar la obtención de un diagnóstico más preciso.

<b>Fecha y firma del médico que informa:</b>	<b>Fecha y firma del paciente:</b>  <b>Fecha, nombre y firma del representante en caso de ser necesario:</b>
--	--

**En caso de revocación del consentimiento, fecha y firma:**

## A.4 Consentimiento Informado para Participar en el Proyecto de Investigación

### **CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título de la investigación:**

***LOS SISTEMAS REGULADORES DE LAS EMOCIONES EN LA DECISIÓN DE COMPRA: ESTUDIO CON RESONANCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL***

**Investigador Principal:**

Dr. Manuel Desco Menéndez.

**Lugar de realización:**

Servicio de Radiodiagnóstico, Unidad de Medicina y Cirugía Experimental. Hospital General Universitario Gregorio Marañón.

**Introducción:** Antes de dar consentimiento para participar en éste estudio, es importante leer y entender la siguiente explicación. Describe el objetivo, procedimientos, beneficios y riesgos del estudio, las alternativas disponibles, y el derecho a retirarse del estudio en cualquier momento. Si no quiere participar, esto no afectará a su atención clínica.

**Propósito del estudio:**

El objetivo del proyecto consiste en contrastar la hipótesis de que las decisiones de compra nunca son exclusivamente cognitivas, utilizando Resonancia Magnética Funcional. Queremos investigar si la toma de decisiones no es completamente cognitiva en ninguna situación, (si no se basa en un análisis racional que busca maximizar el beneficio perseguido).

**Procedimientos/explicación del estudio:**

Con este objetivo, solicitamos la colaboración de voluntarios. Se obtendrán imágenes de Resonancia Magnética funcional durante un paradigma de decisiones de compra.

**Riesgos/beneficios:**

El voluntario se beneficiará directamente de este estudio al realizarse un examen radiológico. No existen riesgos debidos al empleo de técnicas de imagen. Todos los detalles sobre la prueba de Resonancia Magnética figuran en el consentimiento que el paciente deberá firmar antes de realizarse la prueba de Resonancia Magnética.

**Confidencialidad:**

Los datos sobre la actividad cerebral de cada sujeto serán utilizados para realizar análisis estadísticos y estudios de investigación, pero los nombres, o cualquier otro dato que pueda llevar a su identificación no serán publicados en ninguno de los trabajos que se deriven de esta investigación. Todos los datos de carácter personal necesarios para el desarrollo del estudio están sujetos a la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, legislación vigente en nuestro país. Cada uno de los sujetos que participen en el estudio recibirá un código con el que será identificado a lo largo del estudio, ningún otro dato de carácter personal será difundido o utilizado a lo largo del estudio. **El responsable de que esta confidencialidad se ejecute correctamente es el investigador principal del estudio. (Dr Manuel Desco).**

**Coste/compensación:**

No existe ningún coste por participar en este estudio. Todas las consultas y pruebas que se realicen durante el estudio no supondrán coste alguno. Los sujetos recibirán compensación económica por participar en el estudio.



**Alternativas a la participación:**

La participación en este estudio es completamente voluntaria.

**Derecho al abandono del estudio:**

Cada uno de los participantes será libre de retirarse en cualquier momento de éste estudio sin que esto afecte a su tratamiento o cuidados recibidos por parte de su médico habitual. Serán informados sobre cualquier dato relevante del estudio que pudiera condicionar su permanencia o abandono del mismo.

**Otros:** Este estudio ha sido aprobado por el Comité de Ética de la Investigación del Hospital General Universitario Gregorio Marañón.

Nombre del paciente:

(Nombre del representante legal):

Nombre del investigador:

\_\_\_\_\_  
Firma del paciente

\_\_\_\_\_  
(en caso necesario, representante legal)

\_\_\_\_\_ He leído y comprendido este consentimiento informado

\_\_\_\_\_ La información de este consentimiento informado me ha sido explicada.

\_\_\_\_\_  
Firma del investigador

\_\_\_\_\_  
Fecha

NOTA: Se harán **tres copias** del consentimiento informado: una será para el investigador principal, otra para la historia clínica del paciente y la última para el paciente o sus familiares.

-----  
**Para asegurarse de que ha entendido ésta explicación, por favor conteste a las siguientes preguntas. Lea éstas preguntas y conteste si la afirmación es VERDADERA (V) o FALSA (F)**

- |   |   |   |
|---|---|---|
| 1) Este es un estudio de investigación en el que participo <b>voluntariamente</b> . | V | F |
| 2) <b>Puedo retirarme</b> del estudio en cualquier momento que lo desee.            | V | F |
| 3) La información clínica en este estudio es confidencial.                          | V | F |

**NOTA:** Si el interesado no acierta todas las preguntas, vuelva a explicarle allí donde haya errores.

\_\_\_\_\_

**A.5 Test de Dominancia Lateral de A.J.Harris****ESCALA DE EVALUACIÓN NEUROLÓGICA (NES)****Proyecto:****ID del sujeto:**

Iniciales del sujeto:

**Fecha de Evaluación:****Edad:****Sexo:****Dominancia Cerebral**

a.	Uso de las manos_____	D	0	9
	Escribir__ Pelota__ Cerilla__	I	1	9
	Tijeras__ Aguja__ Peinar__ Pala__	A	2	9
	Baraja__ Martillo__ Cepillo dientes__			
	Tarro__			
b.	Dominancia de los pies _____	D	0	9
	Patada_____	I	1	9
c.	Dominancia visual_____	D	0	9
	Tarjeta_____	I	1	9

## A.6 Estudios analizados en el “Meta-análisis sobre las Diferencias de Sexo en la Estructura del Cerebro Humano”. (Ruigrok, et al., 2014)

ID	Study	Year	N (F)	Age			Volumes
				Mean (SD)	Range	Category	
1	Abbs	2011	48 (21)	40.5 <sup>a</sup> (10.8 <sup>a</sup> )	–	4	Cb
2	Acer	2008	53 (27)	–	20–25	4	Cbl
3	Allen	1991	24 (12)	9.1 <sup>a</sup> (3.8 <sup>a</sup> )	2–15	6	Cb
			122 (61)	42 <sup>a</sup> (13.8 <sup>a</sup> )	16–79	6	
4	Allen	2002	46 (23)	32.4 <sup>a</sup> (8.2 <sup>a</sup> )	22–49	4	Cbl
5	Allen	2003	46 (23)	32.4 <sup>a</sup> (8.2 <sup>a</sup> )	22–49	4	Cb, GM, WM
6	Andreasen	1994	90 (42)	27.4 (10.3)	–	4	TBV, CSF, Cbl
7	Arango	2008	66 (32)	34.1 <sup>a</sup> (7.3 <sup>a</sup> )	23–51	4	ICV, TBV, CSF
8	Baibakov	2010	60 (30)	1 <sup>a</sup> (0.08 <sup>a</sup> )	0–1	1	TBV
9	Barnes	2010	82 (34)	–	33–35	4	GM
10	Barrick	2005	30 (15)	28.8 <sup>a</sup>	–	4	Cb, GM, WM
11	Barta	2003	30 (15)	39.1 <sup>a</sup> (10.5 <sup>a</sup> )	–	4	TBV
12	BDCG	2012	325 (173)	10.9 <sup>a</sup> (3.8 <sup>a</sup> )	4–18	3	TBV, GM, WM, Cbl
13	Beacher	2012	30 (15)	30 <sup>a</sup> (8 <sup>a</sup> )	–	4	WM
14	Blanton	2004	46 (25)	10.9 <sup>a</sup> (2.9 <sup>a</sup> )	6–17	3	ICV, GM, WM
15	Blatter	1995	44 (20)	22.3 <sup>a</sup> (2.2 <sup>a</sup> )	16–25	4	ICV, TBV, GM
			43 (24)	30.8 <sup>a</sup> (3.2 <sup>a</sup> )	26–35	4	WM, CSF
			38 (22)	40.9 <sup>a</sup> (2.9 <sup>a</sup> )	36–45	4	
			39 (24)	50.6 <sup>a</sup> (2.7 <sup>a</sup> )	46–55	4	
			30 (15)	60.2 <sup>a</sup> (2.6 <sup>a</sup> )	56–65	4	
16	Bloss	2007	27 (14)	3.7 <sup>a</sup> (1.1 <sup>a</sup> )	1–5	2	ICV, TBV, GM, WM, Cbl
17	Boes	2008	117 (56)	12.3 <sup>a</sup> (2.8 <sup>a</sup> )	7–17	3	GM
18	de Bruin	2005	91 (44)	49.7 <sup>a</sup> (7.9 <sup>a</sup> )	–	4	ICV, Cb, GM, WM, CSF, Cbl
19	Bryant	1999	37 (18)	33.8 <sup>a</sup> (7.3 <sup>a</sup> )	21–45	4	ICV
20	Buckner	2004	168 (88)	29.1 <sup>a</sup> (11.7 <sup>a</sup> )	–	4	ICV
			77 (57)	76.8 <sup>a</sup> (8.8 <sup>a</sup> )	–	5	
21	Carne	2006	97 (49)	33.7 (13.6)	15–69	6	TBV, Cb, Cbl
22	Caviness	1996	30 (15)	9.2 <sup>a</sup>	7–11	3	ICV, Cb, GM, WM, Cbl
23	Chen	2007	411 (227)	46.7 <sup>a</sup> (1.4 <sup>a</sup> )	44–48	4	ICV, GM, WM, CSF
24	Chen	2012	27 (15)	22.6 <sup>a</sup> (1.8 <sup>a</sup> )	–	4	TBV
25	Cheng	2009	50 (25)	27.1 <sup>a</sup> (9.4 <sup>a</sup> )	19–50	4	TBV, GM, WM
26	Choi	2010	43 (21)	24.5 <sup>a</sup> (4 <sup>a</sup> )	–	4	ICV
27	Chung	2005	118 (60)	23 (2.6)	–	4	Cbl
			100 (59)	47.5 (3.7)	–	4	
28	Clayden	2011	59 (34)	11.5 (2.1)	8–16	3	ICV, WM
29	Coffey	1998	330 (201)	75 (5.1)	66–96	5	Cb
30	Collinson	2003	30 (12)	16.4 (1.7)	–	3	Cb
31	Courchesne	2000	116 (37)	21.4 (20)	1–80	6	ICV
32	Cowell	2007	S, 18 (8)	35.3 <sup>a</sup> (3.3 <sup>a</sup> )	20–49	4	ICV
			S, 16 (10)	57.8 <sup>a</sup> (2.5 <sup>a</sup> )	50–72	5	
			L, 19 (8)	35.3 <sup>a</sup> (3.1 <sup>a</sup> )	20–49	4	
			L, 15 (10)	58.5 <sup>a</sup> (2.5 <sup>a</sup> )	50–72	5	
33	Crespo-Facorro	2011	76 (31)	28.1 <sup>a</sup> (7.6 <sup>a</sup> )	15–51	4	ICV, GM
34	De Bellis	2001	118 (57)	11.9 <sup>a</sup> (2.4 <sup>a</sup> )	6–17	3	ICV, Cb, GM, WM
35	DeCarli	2005	1181 (233)	–	34–54	4	ICV
			517 (288)	–	55–61	4	
			546 (275)	–	62–70	5	
			487 (272)	–	71–96	5	
36	Duggal	2005	30 (15)	30 <sup>a</sup> (9.5 <sup>a</sup> )	–	4	ICV
37	Edland	2002	184 (121)	79 <sup>a</sup> (6.5 <sup>a</sup> )	–	5	ICV
38	Eliez	2001	85 (64)	10.6 <sup>a</sup> (2.9 <sup>a</sup> )	–	3	Cb, GM, WM, CSF
40	Fahim	2012	38 (20)	8.4 <sup>a</sup> (0.1 <sup>a</sup> )	–	3	GM, WM, CSF
41	Filipek	1994	20 (10)	27.2 <sup>a</sup> (5.2 <sup>a</sup> )	17–37	4	TBV, Cb, GM, WM, Cbl
42	Frederikse	1999	30 (15)	39.1 <sup>a</sup>	23–58	4	TBV
43	Garcia-Falgueras	2006	91 (51)	20.1 <sup>a</sup> (2.8 <sup>a</sup> )	18–33	4	ICV, GM, WM, CSF
44	Ge	2002	54 (22)	46.8 (19.3)	20–86	6	ICV, GM, WM
45	Gilmore	2007	74 (34)	0.8 <sup>a</sup> (0.03 <sup>a</sup> )	0.7–0.9	1	ICV, Cbl
46	Goldstein	2001	48 (21)	39.8 (11.4 <sup>a</sup> )	–	4	Cb, GM, WM
47	Good	2001a	465 (200)	32 <sup>a</sup> (12.2 <sup>a</sup> )	17–79	6	GM, WM, CSF
48	Guo	2008	158 (80)	15 (4.7)	7–22	6	ICV, GM, WM
49	Gur	1991	69 (35)	42.9 <sup>a</sup> (20.4 <sup>a</sup> )	18–80	6	TBV, CSF
50	Gur	1999	80 (40)	26 <sup>a</sup> (5.5 <sup>a</sup> )	18–45	4	ICV, TBV, GM, WM, CSF
51	Gur	2002	116 (59)	26 <sup>a</sup> (5.5 <sup>a</sup> )	18–49	4	ICV, GM, WM, CSF
52	Hänggi	2010	43 (25)	22.3 (2.5)	19–32	4	ICV, GM, WM, CSF
53	Hogan	2011	228 (107)	68.7 <sup>a</sup> (0.7 <sup>a</sup> )	68–69	5	ICV
54	Hommer	2001	39 (19)	40.8 <sup>a</sup> (7.7 <sup>a</sup> )	–	6	ICV, GM, WM
55	Hoogendam	2012	3962 (2156)	60.1 (8.5)	>45	6	ICV
56	Hutchinson	2003	120 (60)	25.1 <sup>a</sup> (4.6 <sup>a</sup> )	–	4	TBV, Cbl
57	Jenkins	2000	52 (28)	56.1 (12.1)	36–85	6	ICV
58	Knaus	2004	24 (12)	31.4 (8.9)	21–53	4	ICV
59	Koscik	2009	76 (38)	26.7 <sup>a</sup> (7.2 <sup>a</sup> )	18–47	4	Cb
60	Kruggel	2006	290 (145)	24.2 <sup>a</sup> (2.8 <sup>a</sup> )	18–32	4	ICV, TBV, GM, WM, CSF
61	Lai	–	60 (30)	27.9 <sup>a</sup> (6.1 <sup>a</sup> )	18–49	4	ICV, TBV, GM, WM, CSF
62	Lavretsky	2004	41 (20)	72.2 (7.3)	–	5	ICV

ID	Study	Year	N (F)	Age			Volumes
				Mean (SD)	Range	Category	
63	Lee	2004	62 (28)	–	18–77	6	ICV, GM, WM
64	Lee	2009a	57 (29)	24.4 <sup>a</sup> (2.1 <sup>a</sup> )	20–28	4	ICV, Cbl
			58 (26)	67.8 <sup>a</sup> (3.1 <sup>a</sup> )	62–74	5	
65	Lee	2009b	68 (39)	21.7 (2.3)	20–29	4	ICV
66	Lemaître	2005	662 (331)	69.5 <sup>a</sup> (3 <sup>a</sup> )	63–75	5	ICV, GM, WM, CSF
67	Lentini	2012	86 (45)	35.1 <sup>a</sup> (7.1 <sup>a</sup> )	26–51	4	ICV, TBV, GM, WM, CSF
68	Leonard	2008	200 (100)	21.6 <sup>a</sup>	–	4	ICV, GM, WM, CSF, Cbl
69	Li	2012	76 (38)	43 <sup>a</sup> (15.9 <sup>a</sup> )	19–70	6	TBV, GM
70	Luders	2002	100 (50)	24.7 <sup>a</sup> (4.4 <sup>a</sup> )	–	4	ICV, GM, WM, CSF
71	Luders	2003	59 (29)	24.3 <sup>a</sup> (5 <sup>a</sup> )	–	4	ICV
72	Luders	2005	60 (30)	24.8 <sup>a</sup> (4.5 <sup>a</sup> )	–	4	ICV, GM, WM, CSF
73	Maller	2006	150 (74)	62.3 <sup>a</sup> (1.4 <sup>a</sup> )	60–64	5	TBV
74	Mann	2011	70 (35)	54.5 <sup>a</sup> (20.3 <sup>a</sup> )	20–87	6	Cb
75	Matsumae	1996	12 (6)	–	24–40	4	ICV, TBV,
			15 (5)	–	41–60	4	CSF
			22 (12)	–	61–80	5	
76	Mitchell	2003	100 (56)	32.6 (12.3)	14–68	6	Cb
77	Mortamet	2005	10 (5)	–	20–29	4	ICV, GM,
			10 (5)	–	30–39	4	WM, CSF
			10 (5)	–	40–49	4	
			10 (5)	–	50–59	4	
			10 (5)	–	60–69	5	
78	Narr	2007	65 (35)	28.2 <sup>a</sup> (7.3 <sup>a</sup> )	–	4	ICV, GM, WM, CSF
79	Neufang	2009	46 (23)	11.3 <sup>a</sup> (2.2 <sup>a</sup> )	8–15	3	TBV
80	Nopoulos	1997	80 (40)	28.1 <sup>a</sup> (7.4 <sup>a</sup> )	–	4	TBV, CSF
81	Nopoulos	2000	84 (42)	23.3 <sup>a</sup> (3.3 <sup>a</sup> )	19–31	4	ICV, Cb, CSF, Cbl
82	Nunnenmann	2009	133 (73)	–	29–80	6	ICV, GM
83	Passe	1997	43 (30)	53.7 <sup>a</sup> (17.9 <sup>a</sup> )	24–82	6	TBV, GM, WM
84	Paus	2010	419 (215)	15.3 <sup>a</sup> (1.92 <sup>a</sup> )	–	3	ICV, GM, WM
85	Peper	2009	78 (41)	11.9 <sup>a</sup> (1.1 <sup>a</sup> )	10–14	3	ICV, GM, WM, Cbl
86	Hulshoff Pol	2006	15 (6)	24.2 <sup>a</sup> (7.3 <sup>a</sup> )	16–50	4	ICV, TBV, GM, WM
87	Ponseti	2007	49 (25)	25.1 <sup>a</sup> (3.3 <sup>a</sup> )	–	4	GM, WM, CSF
88	Qiu	2013	161 (74)	0.03 <sup>a</sup> (0.02 <sup>a</sup> )	–	1	ICV
89	Rametti	2011	38 (19)	32.5 <sup>a</sup> (7.2 <sup>a</sup> )	–	4	ICV, GM, WM, CSF
90	Reig	2011	94 (33)	15.4 (1.4)	9–19	3	ICV, GM, WM, CSF
91	Reiss	1996	85 (64)	10.6 <sup>a</sup> (2.9 <sup>a</sup> )	5–17	3	ICV, GM, WM, CSF
92	Reiss	2004	31 (17)	8.5 (0.7)	7–11	3	GM, WM, CSF
93	Resnick	2000	116 (48)	70.4 (7.5)	59–85	5	TBV, GM, WM
94	Rhyu	1999	20 (11)	–	20–29	4	Cbl
			19 (9)	–	30–39	4	
			23 (13)	–	40–49	4	
			20 (10)	–	50–59	4	
			23 (12)	–	60–69	5	
			19 (12)	–	70–79	5	
95	Riello	2005	133 (95)	–	≤60	4	ICV, GM,
			96 (63)	–	>60	5	WM
96	Rijpkema	2012	1004 (591)	22.8 <sup>a</sup> (3.4 <sup>a</sup> )	18–36	4	GM, WM
97	Sachdev	2008	383 (172)	62.7 <sup>a</sup> (1.4 <sup>a</sup> )	60–64	5	ICV
98	Salinas	2012	108 (54)	12.3 <sup>a</sup> (2.9 <sup>a</sup> )	7–17	3	Cb
99	Sandu	2008	18 (10)	13.8 (0.5)	–	3	ICV
100	Savic	2011	48 (24)	34 <sup>a</sup> (6 <sup>a</sup> )	26–48	4	ICV, TBV, GM, WM
101	Schlaepfer	1995	60 (17)	31.6 <sup>a</sup> (7.9 <sup>a</sup> )	–	4	ICV
102	Sgouros	1999	33 (15)	2.1 <sup>a</sup> (1.6 <sup>a</sup> )	0–4	2	ICV
			11 (3)	8.1 <sup>a</sup> (1.5 <sup>a</sup> )	5–9	3	ICV
			24 (8)	12.9 <sup>a</sup> (1.5 <sup>a</sup> )	10–15	3	ICV
103	Shan	2005	13 (8)	27.4 <sup>a</sup> (4.9 <sup>a</sup> )	–	4	TBV
			13 (8)	69.8 <sup>a</sup> (1.9 <sup>a</sup> )	–	5	
104	Shin	2005	30 (15)	27.2 <sup>a</sup> (6.3 <sup>a</sup> )	–	4	ICV
105	Soloff	2008	30 (19)	25.6 (7.7)	–	4	ICV
106	Sowell	2007	176 (86)	32.4 <sup>a</sup> (21.8 <sup>a</sup> )	7–87	6	ICV, GM, WM, CSF
107	Sparks	2002	26 (8)	4 (0.5)	3–4	2	Cb, Cbl
108	Sullivan	2001	92 (41)	46.9 <sup>a</sup> (15.1 <sup>a</sup> )	22–71	6	ICV
109	Sullivan	2004	143 (48)	49.3 <sup>a</sup> (16.9 <sup>a</sup> )	20–85	6	ICV
110	Sullivan	2005	128 (44)	–	20–85	6	ICV
111	Takahashi	2004	61 (31)	24.5 (5.5)	18–38	4	ICV
112	Takao	2010	109 (58)	26.3 <sup>a</sup> (2.1 <sup>a</sup> )	21–29	4	GM, WM
113	Tepest	2010	29 (11)	33 (9.1)	20–55	4	TBV
114	Uematsu	2012	27 (9)	–	0–2	1	TBV
			34 (17)	–	2–10	2	
			48 (26)	–	10–25	6	
115	Wang	2012	140 (70)	20.9 <sup>a</sup> (1.8 <sup>a</sup> )	18–26	4	ICV, GM, WM, CSF
116	Whitwell	2001	55 (31)	–	23–83	6	ICV
117	Wilke	2007	67 (34)	7.6 <sup>a</sup> (1.2 <sup>a</sup> )	–	3	GM, WM
			66 (34)	11.1 <sup>a</sup> (1 <sup>a</sup> )	–	3	
			67 (34)	15.6 <sup>a</sup> (1.7 <sup>a</sup> )	–	3	

ID	Study	Year	N (F)	Age			Volumes
				Mean (SD)	Range	Category	
118	Witte	2010	34 (17)	26.6 (5)	21–47	4	ICV, GM, WM, CSF
119	Wood	2008a	60 (30)	28.9 <sup>a</sup> (8.4 <sup>a</sup> )	18–50	4	ICV, GM
120	Wood	2008b	74 (37)	12.5 <sup>a</sup> (2.9 <sup>a</sup> )	7–17	3	ICV, Cb
121	Yamasue	2008	155 (66)	28.5 <sup>a</sup> (4.2 <sup>a</sup> )	21–40	4	ICV, GM, WM, CSF
122	Yang	2008	57 (23)	11.7	7–17	3	ICV, GM, WM, CSF
123	Yoshii	1988	58 (29)	56.3 (17.5)	21–81	6	ICV
124	Ystad	2009	O, 84 (60)	65.1	47–75	5	ICV, Cb
			B, 86 (60)	59.3	46–77	5	
125	Yurgelun-Todd	2002	30 (20)	14.7 (1.5)	13–17	3	ICV, GM, WM
126	Zhang	2007	24 (12)	27.7 (4.4)	17–35	4	WM
			12 (7)	74.8 (2.6)	72–80	5	

ABREVIATURAS: **B**: Bergen. **BDCG**: Grupo Cooperativo de Desarrollo del Cerebro. **Cb**: Cerebro (excluyendo Fluido Cerebroespinal y Cerebelo). **Cbl**: Cerebelo. **CSF**: Fluido Cerebroespinal. **F**: Mujer. **GM**: Materia Gris. **ICV**: Volumen Intracraneal (Incluyendo CSF). **ID**: Número de identificación. **L**: Liverpool. **N**: Número de Participantes. **O**: Oslo. **S**: Sheffield. **SD**: Desviación Estándar. **TBV**: Volúmen Total del Cerebro (incluyendo Cbl pero excluyendo CSF). **WM**: Materia Blanca. FUENTE: Ruigrok, et al., 2014.